用户手册

AMG 同步发电机
陆用机系列

发电机型号: AMG 0180 – AMG 0400

序列号:

文件编号: 8AMG5854969
版本号: A (04/2009)

目　　录

第 1 章 简介 1

1.1 概要 1
1.2 运行环境 1
1.3 重要提示 1
1.4 责任范围 2
1.5 常规安全 2
1.5.1 安全标识 3
1.5.2 触电风险 3
1.5.3 转动部件 3
1.5.4 高温 3
1.5.5 静电 4
1.5.6 磁场 4
1.5.7 噪音 4
1.6 安全指示 4
1.6.1 概要 4
1.6.2 指定用途 4
1.6.3 运输，储存 4
1.6.4 安装 5
1.6.5 电气连接 5
1.6.6 运行 6
1.6.7 维护与服务 6
1.7 废弃物处理与回收利用说明 6
1.7.1 运输过程中使用的可回收材料 7
1.7.2 整机的回收使用 7

第 2 章 运输及存放 9

2.1 运输及拆箱 9
2.1.1 运输前的保护措施 9
2.1.2 整机的吊装 9
2.1.3 电机的吊装 9
2.1.4 到货拆箱的检查 11
2.2 电机的存放 11
2.2.1 短期存放 (两个月之内) 11
2.2.2 长期存放 （2 至 6 个月） 12
2.2.3 更长时间存放 （超过六个月） 13
2.2.4 存放期内的定期检查 13
2.2.5 安装后的存放及维护 13

第 3 章 安装及校对 14

3.1 安装前的准备 14
3.1.1 概述 14
3.1.2 出库 14
3.1.3 基础的检测 15
3.2 安装及校对 16
3.3 最终安装检查 17
3.3.1 盖板与护罩 17

第 4 章 电气连接 18

4.1 概述 18
4.2 电压调节器 18
4.2.1 调节器规格（EA63-5） 18
4.2.2 SW 指拨开关调整 19
4.2.3 调整 20
4.2.4 接线端子 21
4.3 电气连接 22
4.3.1 综合信息 22
4.3.2 主电缆和中性线的连接 23
4.3.3 接地 23
4.3.4 主电路接线的绝缘距离 23
4.3.5 辅助工具和电机的接线 24

第 5 章 试运行 25

5.1 概述 25
5.2 机械安装检查 25
5.3 检查电气安装 25
5.4 绝缘电阻测试 26
5.5 启动 26
5.6 停机 27

第 6 章 运行 28

6.1 概述 28
6.2 正常运行条件 28
6.3 同步发电机的保护 28
6.4 启动步骤 29
6.5 持续性监控 29
6.6 停机程序 30

第 7 章 维护 31

7.1 预防性维护 31
7.2 安全预防措施 31
7.3 维护计划 32
7.3.1 推荐维护程序 34
7.4 一般结构的维护 36
7.4.1 紧固件的紧固度 36
7.4.2 振动和噪音 37
7.4.3 转子结构控制 37
7.4.4 电机运行时的检查 37
7.5 轴承维护 39
7.5.1 非驱动端安装以及更换 40
7.6 定子和转子绕组的维护 41
7.6.1 关于绕组维护的特殊安全指南 42
7.6.2 确定维护时间 42
7.6.3 正确的工作温度 43
7.6.4 绝缘电阻测量 43
7.6.5 极化指数 47
7.6.6 高压测试 47
7.6.7 绕组外观检查 48
7.6.8 干燥 49
7.6.9 其他维护操作 49
7.7 电气性能，励磁系统，控制系统以及保护系统的相关维护 50
7.7.1 励磁机绝缘电阻的测量 50
7.7.2 跳闸保护装置 50
7.7.3 自动电压调节器（AVR） 50
7.7.4 辅助设备绝缘测量 50
7.7.5 二极管故障 50
7.8 相关热性能和冷却系统的维护 51
7.8.1 冷却系统 51

第 8 章 故障排除 52

8.1 机械性能 52
8.2 润滑系统和滑动轴承 53
8.3 热性能，开放式空气冷却系统 54
8.4 电气性能和发电机的励磁系统 55

第 9 章 售后服务和备件 57

9.1 售后服务 57

9.1.1 现场服务 57
9.1.2 备件 57
9.1.3 保证 57
9.1.4 服务中心支持 57
9.1.5 售后服务联系信息 57
9.2 备品备件 57
9.2.1 常规备件问题 57
9.2.2 定期部件更换 58
9.2.3 备件需求 58
9.2.4 选择最合适的备件电机 58
9.2.5 不同电机典型推荐备件 59
9.2.6 订购信息 60

第1章　简介

1.1　概要

本手册内容涵盖了 ABB生产的AMG0180 ~ AMG0400系列同步发电机的运输、安装、运行以及维护等信息。

本手册提供了ABB发电机的安装、运行、维护、监控的所有相关信息，以及根据需要提供发电机主要部件的装卸指导。在使用发电机前请仔细阅读本手册及其它相关随机文件 ，这样有利于合理的使用发电机 ，使其性能达到标准，延长其使用寿命。

本手册提及的所有操作，请由电机的所有者指定的经过专业培训并有过类似经验的人执行 。ABB公司将坚持不懈的改进本手册中所提供的信息 的效用性，另外，我们极为欢迎您所提供的任何改进建议 。关于联系方式请参见“9.1，售后服务”。

提示：请严格遵守本手册中的规定，以保障电机的安装、运行及维护工作得以安全、顺利的进行 。请注意，在电机的安装、运行及维护的过程中，任何由于不遵守本手册规定而产生的问题将导致担保条款失效。

1.2　运行环境

电机的运行环境需严格参照技术规格说明及ABB合同协议的规定，请不要将电机使用在其它环境中。

1.3　重要提示

本手册中的部分内容可能适用于ABB生产的各种电机。

如果您发现本手册的内容与 实际的电机有所冲突，请根据工程知识判断所需操作，如果仍有疑问，请与ABB公司联系。

本章乃至整个手册中所叙述的安全预防内容，在用户的实际操作中请时刻注意。

安全取决于设备的所有操作人员和维修人员的安全意识 、关注程度以及审慎的态度。虽然遵守所有安全程序非常重要，但在电机附近工作时更应谨慎 一时刻保持警惕。

提示：　为了避免事故，发电机安装现场使用的安全措施以及工具必须严格遵循安全指南和规章。这些指南及规章 包括本国制定的关于工作现

场的安全要求，安全章程还包括本手册 的安全指南和单独的随机安全指南。

本手册中的所有信息可能在您没有被通知的情况下更改，ABB不具有通知的义务。ABB不对本手册中可能出现的错误承担责任。

未经过ABB的书面许可，任何对本手册的复制、翻印行为都是不允许的，并且在未授权情况下，本手册内容不允许提供给第三方或用于任何未授权的目的。

1.4 责任范围

ABB 概不负责由于使用本文 档所造成的任何直接 、间接、特殊、意外等损害；对于使用本文档中所述任何软件或者硬件所造成的任何损害 ， ABB 也不承担任何责任。

保证条款涵盖制造和材料缺陷，但不包括任何由于存储不当，设备安装或者操作不当所导致的设备、人员或者第三方损害。更详细的保证条款规定符合 Orgalime S2000 条款。

提示：在没有预先得到ABB工厂书面批准的情况下，任何更改ABB电机运行条件，改变电机结构或进行修理工作的行为，将使本手册中的保证条款无效。

提示：ABB的地方销售机构或第三方销售人员使用的保证资料可能不同 ，他们的保证条款的详细内容将在销售条款或保证条款中确定。

请见ABB工厂联系方式于本用户手册的封底 。请在咨询电机具体问题时提供电机的序列号。

1.5 常规安全

在对电机进行操作或维护时，如果没有采取正当的安全防护措施，可能会导致危险或事故发生。

值得注意的是在对电机进行操作时这些安全规章 是非常重要的，必须时刻牢记，任何安全条款都不能忽略。

另外非常重要的是必须保证所有人员都对他们工作环境中所存在的潜在 风险有所了解，让他们不仅能识别上述风险，还能够在风险发生时合理、迅速的使用此安全程序做出有效的应对。

工作人员还要能够识别警示标志、可视的或音频的警示信号。

以下建议作为基本安全指示：

a. 请注意在工作中的穿戴合身的防护服，安全帽及工作鞋。在操作或接近旋转电机时宽松的衣服可能会导致危险 。防护服必须勤于清洗 。

沾染油污或污垢的衣服长时间和皮肤接触可能会影响个人健康 ，即便是穿了内衣也无济于事。

b. 如果可能的话，请尽量在电机停止 时接近电机或对其进行操作 。不然，请尽量让人员，工具或设备远离电机的旋转部件。

c. 同步电机的部件及其辅助设备在工作中可能会产生高温 。在此过程中，请随时身着防护服、戴防护手套。

d. 许多电机使用到的流体如果吞食或溅到眼睛里，会造成伤害。如果偶然吞入了潜在危险的液体 ，请不要催吐 ，而是立即进行医疗处理 。在使用上述危险的液体进行操作的时候 ，请佩戴防护眼 镜。如果这些液体不幸溅入操作人员的眼睛里 ，请立即用清水清洗或请求医学救护。

安全取决于电机操作人员对安全措施的理解，关注及审慎的态度。不正当使用电机可能会导致严重的伤害事故 。所有操作人员都必须了解，在使用或维护电机过程中，潜在危险是随时存在的。

在安装、使用、调试电机之前 ，操作或维护人员都必须获得相应的技术资格，并且通过专门的培训。

同样，操作人员必须熟悉、理解本使用手册中介绍的操作程序。

1.5.1 安全标识

所有工作人员必须熟悉电机上的标示 的警示标志，在工作中不能很好的了解上述警示标识或安全指示，就可能会导致人员伤亡事故的发生。

1.5.2 触电风险

同步电机及其辅助设备在安装 、维护或设置过程中必须进行断电操作 ，所有存在电压的部件必须有接地保护。

1.5.3 转动部件

在安装、维护或设置过程中，电机护罩的拆卸必须由专门人员执行，且护罩必须尽快装回。人的手和宽松的衣服必须远离电机的转动部件。

1.5.4 高温

电机的部件和辅件会产生高温，尽量避免接触这些部件，在电机附近进行任何操作时都必须佩戴手套。

1.5.5 静电

对电机的电子控制设备必须采取保护措施防止遭到静电放电损害 ，在打开包装时，不能触摸裸露的电子控制设备。

1.5.6 磁场

在旋转电机的周围存在感 应磁场，因此不要把那些能够被磁场影响的物件（如磁盘，信用卡或手表等）置于上述磁场存在的范围内。

1.5.7 噪音

在电机工作的时候电机房内的噪声非 常大，很容易对人员的听力造成损伤，因此在这种情况下操作人员必须佩戴听力防护设备。

1.6 安全指示

1.6.1 概要

工作现场所制定的通用安全规程、特定安全协议及本手册中的安全预防在电机操作过程中必须时刻遵守。

1.6.2 指定用途

电机的危险包括电压、旋转部件以及热的表面，电机的所有运输、存储、安装、装配、试运行、使用及维护操作都必须由熟练的专职人员完成（所有步骤需遵循EN 50 110-1 / DIN VDE 0105 / IEC 60364标准要求）。任何不当的操作都可能造成人员伤害或财产的损坏事故。

根据机械指令 (MD) 98/37/EC ，ABB生产的低压发电机主要用于工业及商业安装用途 。没有合格证的 电机是绝对不允许进行试运行的 （遵照当地的安全、安装标准，如：EN 60204）。

所有电机必须达到协调标准EN 60034 / DIN VDE 0530。除非一些特殊设计的电机，否则任何电机不能使用在易燃易爆的环境里（详细参见附加说明）。

防护标准低于IP23的发电机是绝对不允许在户外使用的，ABB空气冷却的发电机设计的使用环境在-20°C 至 +40°C 之间，海拔高度≤ 1000米。空气/水冷却的发电机使用环境温度不能低于+5°C。尽可能的保证发电机的使用环境和铭牌上标注的要求一致。

1.6.3 运输，储存

如果在到货后，发现发电机有任何损坏，请务必及时联系运输公司，必要的话，停止调试运行。电机上的吊攀是根据电机的重量定做的，吊装时请不要增加附加重量，并且遵循正确方式使用吊攀。必要的话，使用匹配的、具有

足够强度的运输方式 （如：排绳运输） 试运行前移除电机上所有的固定装置（如：轴承固定，减震阻尼等），保存好这些附件以备后用。

发电机的储存环境必须干燥、无尘且无振动（振动会导致轴承损坏）。在做试运行之前需对电机的绝缘电阻进行测试，当绝缘电阻小于1千欧每伏时，则需要对绕组进行干燥。其步骤遵循生产指示说明。

1.6.4 安装

确保底架，底脚或法兰的安装及直接结合时的准确调整 。避免由于安装导致的转动频率和双倍工频产生的共振，转动转子并听听有无反常的滑动噪音。连接前检查电机的转动方向。

保持必要的通风和冷却系统的连接 。通风不能被阻塞且邻近设备的废气不能带入电机。

1.6.5 电气连接

所有的连接操作必须在 电机闲置的状态下由有经验的人执行 。在开始工作时，以下的安全条款必须严格遵守：

- 断开电源
- 提供防止重新合闸的防护措施
- 检查电机是否与电源隔离
- 接地
- 对邻近的有电部件提供护罩或隔离保护
- 断开辅助设备电源（如：防冷凝加热器）

如果发电机运行时参数超过了 EN60034-1 / DIN VDE 0530-1标准规定的A区域：电压± 5%、频率± 2%、电压波形和对称性的范围，则容易导致电机温升过高，同时影响到发电机的电磁兼容性 。注意 铭牌标识和 接线盒上的 接线图。

线路的连接必须能够提供永久 安全的电气连接。使用合适的接线端子，并使用安全可靠的压接或焊接。

未绝缘件之间的间隙以及这些部件对地的间隙必须不低于相关标准规定的距离，这些标准距离可能在制造商提供的随机文件中给出。

发电机的接线盒内需保证干燥、无尘、无杂质，堵住不用的线缆接入孔且密封整个接线盒。对于发电机及其附件，上述要求必须在试运行之前完成工作性态的检查。

严格、准确的执行安装工作（如对信号和输电线隔离，以及屏蔽电缆）是安装人员的职责。

1.6.6 运行

电机允许的振动取决于 相应的环境和相关的ISO标准。假如发电机出现非正常状况如：发电机的温度，噪声或振动突然增高，需迅速断开发电机电源，必要的话须联系供应商进行咨询。

不要去除保护装置，哪怕是在试运行状态下；对于冷却装置上的污垢，须定期清除。

如果有冷却器，定期疏通冷凝液排放口。

在试运行过过程中，电机起动前需对可再润滑轴承添加润滑剂。在电机运行时，对可再润滑滚动轴承进行润滑。根据润滑指示牌上的信息使用正确的润滑剂。

参考制造商文件中提供的噪声水平，并使用正确的降噪措施。

1.6.7 维护与服务

参照供应商提供的操作说明。更多详细信息参见用户手册“第7章，维护”。在进行这些操作过程中须非常关注本手册中的安全说明。

1.7 废弃物处理与回收利用说明

ABB非常重视环境政策。我们在可回收和使用周期的分析中所取得的成果不断努力，使我们的电机的环保性更健全，在我们生产、电机及物流各个流程中已充分考虑了环境因素 。并且， ISO 14001作为我们ABB的主要环境方针。

上述政策说明的是我们执行的主要环境方针，同样，我们的客户有责任保证遵守当地的环境政策规定。

下表中列出了发电机制造过程中的材料使用百分比（质量百分比）：

铁	70 %
铜	15 %
铸铁	10 %
铝	2 %
绝缘材料	2 %
其它	1 %

1.7.1 运输过程中使用的可回收材料

在发电机拆包以后，包装材料需被移除。其中木质包装材料可被焚烧，而塑料材料则可再循环利用。

所有运输固定器件都须移除。这些运输固定器件都是钢材制品可被回收或重复使用。

有些国家如澳大利亚等对海运包装材料有特殊要求，比如包装材料必须是熏蒸木质材料，这些材料的使用须遵守当地相关政策要求。

涂在电机表面的防锈材料一般是用汽油为溶剂的清洁剂，因此进行上述操作而使用过的抹布存在一定的潜在危险，处理时须遵守当地相关政策要求。

1.7.2 整机的回收使用

1.7.2.1 电机分解

由于发电机的一些部件的重量巨大，进行电机分解的操作人员须具备相当的经验以防止操作过程中发生意外。

1.7.2.2 机座，轴承室，防护件及风扇

机座、轴承室、防护件及风扇皆为结构金属件或铸铁件，因此可以根据当地政策进行再循环处理。然而所有辅助设备，线缆及轴承在机体材料再循环之前须移除。

绝缘部件

和定子及转子一样，辅助设备部件同样包含了绝缘材料，因此它们须用同样的方式进行处理。尽管在接线盒、励磁机、电流/电压互感器、电力线缆、仪器接线、避雷器和电容器中同样含有多种绝缘体，但上述设备元件只在少数发电机中才会用到。

在发电机完成后，上述绝缘部件一般处于固化状态。一些部件尤其是定转子的主要部件是铜，可通过热处理进行分离拆卸，在这过程中，绝缘材料的有机粘合材料皆会气化。为了保证上述绝缘材料完全燃烧，烤箱必须进行适当的设置。热处理及后续程序须进行如下配置以将其废弃气体的排放降至最低。

热处理：

温度： 380…420° C (716…788 F)

持续时间： 在达到目标温度90%之后，被加热的器件需在加热器中以恒温加热5个小时。

粘合剂烟气的补充燃烧

温度： 850…920° C (1562…1688 F)

持续时间：粘合剂烟气需在燃烧室内至少停留3秒钟

提示：排出气体主要由O2-, CO-, CO2-, NOx-, CxHy-等气体及微粒组成。买方有义务保证排放标准达到当地相关政策的要求

提示：由于存在火灾及爆炸风险，热处理程序和热处理设备须重点关注 。由于买方的热处理方式是多种多样的，因此ABB无法为热处理程序及设备提供更加详尽的说明，因此买方须自行理解，注重上述事项 。

1.7.2.3 污染性废弃物

润滑系统中废弃的油脂会对环境产生影响，对其进行处理时请遵守当地的相关法令。

1.7.2.4 掩埋废弃物

所有绝缘材料都必须掩埋处理。

第2章　运输及存放

2.1　运输及拆箱

2.1.1　运输前的保护措施

在发电机出厂之前，需对其采取以下保护措施，同样，在今后对电机进行任何搬运之前，也要对其采取相同的保护措施：

- 在对发电机进行整机运输时需用固定装置对其进行固定 ，以免在运输过程中对电机造成损伤。在运输过程中，固定装置必须一直固定住电机。
- 电机的金属切割面如发电机的轴伸，在运输前必须涂上防锈涂料。
- 在运输前的测试过程中或工厂里 ，电机的轴承需充分润滑，以保证上述部件不被锈蚀。
- 在船运运输过程中，电机需存放在船舱里。

2.1.2　整机的吊装

发电机整机吊装前，确认使用的吊装设备是否正确，吊装操作人员必须是熟练工。发电机的重量数据在铭牌、尺寸图及装箱单中都能找到。

提示：在对整机进行吊装时，只能使用电机上的吊装环，其它的小的吊装附件是不允许使用的，它们只能用于维护目的。

提示：同机座号的发电机根据不同输出，安装方式及使用辅助设备的不同，它的重心位置可能是不同的。

提示：在吊装前，检查吊环螺钉或吊攀与机座的连接未损坏，如有损坏，则不允许使用。

提示：吊装前，仔细检查吊装螺栓是否安紧，如有需要，用适配的垫圈调整螺栓的安装位置。

2.1.3　电机的吊装

在对电机进行吊装时必须非常小心，用足够长的吊绳确保吊装角度要求 。请参见图2-1 起吊未包装的电机 。吊装角度不正确的话会产生对电机造成损害的风险。

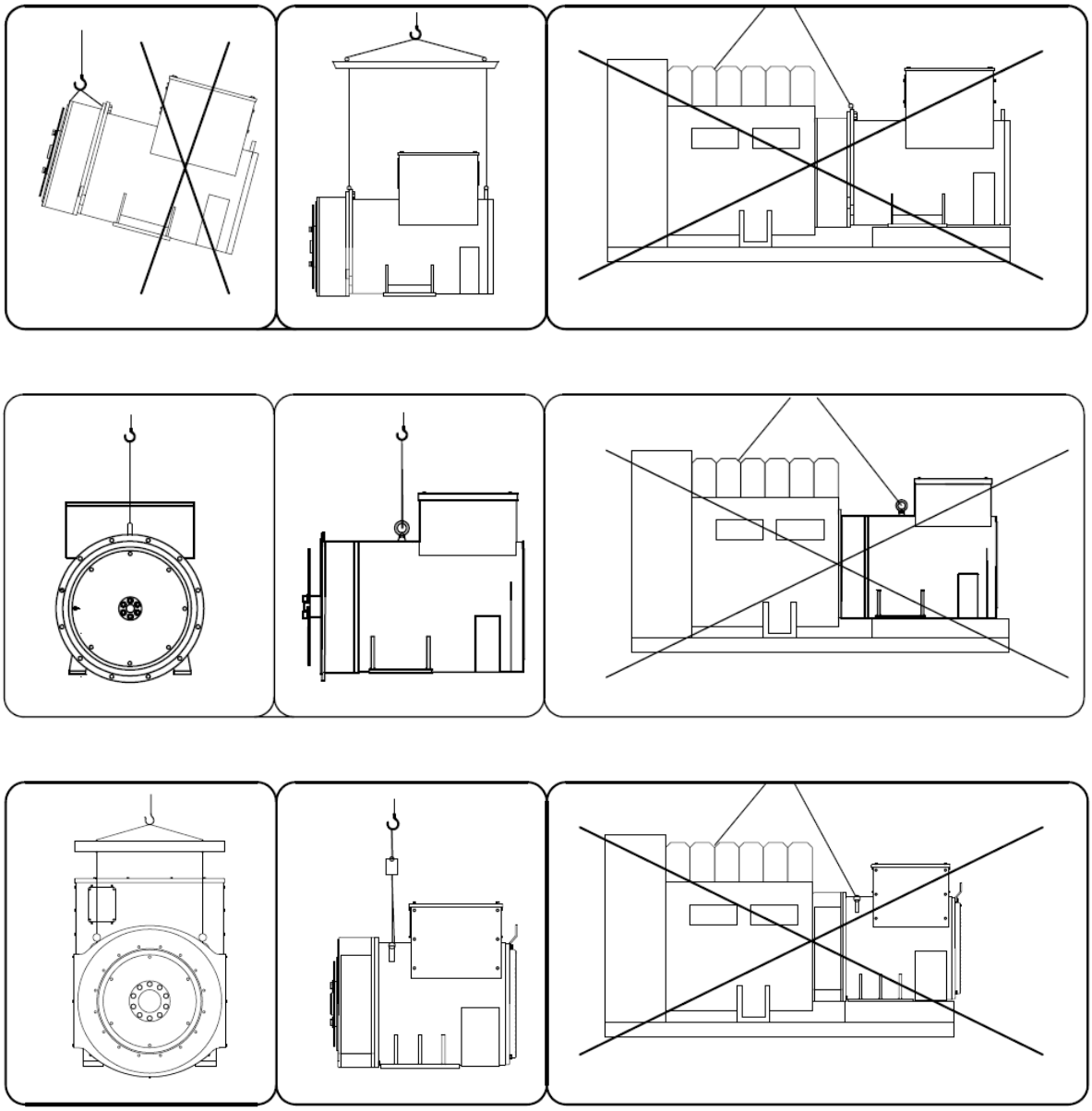

图2-1 起吊未包装的电机

提示：

- 吊装电机时，吊钩必须连接机座上的吊环，切勿直接吊电机的顶盖。
- 起吊整个机组时，吊钩不能连接在电机的起吊点上。
- 在电机吊动过程中，电机因尽量保持水平防止转子的移动。

2.1.4 到货拆箱的检查

2.1.4.1 到货检查

到货之后请立即对电机及其包装进行检查。如发现任何运输过程中造成的损坏需立即对损坏处取证并投诉 、报告，也就是说，如对货物购买了运输保险，需在到货一周内完成上述操作。对由于不当操作而造成的损坏取证是非常重要的，上述取证必须及时的反馈给运输公司及供应商 。检查时请使用附件5.试运行报告。

到货后，如果发电机不需要立即安装的话，则需对电机提供适当的管理及保护防范措施。更多相关信息请参见“2.2，电机的存放”。

2.1.4.2 拆包

对电机进行包装拆除时，需把电机放置在空旷、平稳的空间里，以防止阻碍其它电机的操作。

除去包装后需立即对电机进行整体及配件检查，根据随机附带的装箱单清点配件的数量，如发现存在电机损坏，疑似损坏或配件遗失的情况，需立即通知供应商。

循环使用的包装材料请参见“1.7.1，运输过程中使用的可循环材料”。

2.2 电机的存放

2.2.1 短期存放 (两个月之内)

电机需存放在条件良好可对环境进行控制的仓库里 。一个好的仓库需满足以下条件：

- 可提供稳定的环境温度，最佳温度在10°C (50°F) 至 50°C (120°F)之间。如电机配置了防冷凝加热器且环境温度在50°C (120°F)以上，则需注意发电机的发热情况。
- 空气相对湿度不能太高，最好低于75%。电机的温度需高于露点，以保证潮气在电机内部不会凝结。如果发电机配置有防冷凝加热器，则需开启。定期检测防冷凝加热器，如果环境温度超过+40 °C，则需关闭上述设备。在使用防冷凝加热器之前，需对输入电压、电流进行测量，使其和技术说明书或电器图上的参数一致 。若发电机没有安装防冷凝加热器，则可采用可选方法防止潮气凝结 ：可对电机的出线端进行通电加热，直流电压控制在发电机额定电压的5%，电流控制在发电机额定电流的30%之内。
- 存放支架需稳定安全，无撞击、振动的威胁。如支架振动过高，则需在发电机底脚上加装橡胶垫块。
- 空气通风需干燥、清洁无尘且无腐蚀性气体。

- 环境中洁净无虫。

如果电机需要进行户外存放的话 ，则不能拆除运输包装 。具体注意事项如下：

- 为发电机除去塑料包装。
- 为发电机提供遮盖 ，以防止雨水渗入但需为发电机提供良好的通风条件。
- 将发电机放置于至少100mm(4")高的刚性支撑上，以防止湿气从底部侵入发电机。
- 为电机提供良好的通风条件，若电机被放置于运输包装箱内，需在包装箱上开孔以保证良好的通风。
- 使用防冷凝加热器或可选方法防止电机中的潮气凝结。
- 防虫。

2.2.2 长期存放 （2 至 6 个月）

除“2.2.1，短期存放（两个月之内）”的措施外，根据发电机存放状况（室内或室外），还需对电机进行以下附加保护：

提示：注意不能损坏发电机的密封和轴承。

室内存放

将电机存放在室内，需注意：

- 如若发电机是存放在其包 装箱中，需在包装箱的两侧开孔，使发电机的驱动端及非驱动端可被靠近。
- 如若发电机的出厂防护措施已被损坏或移除 ，则需对未喷漆的部件如：轴伸、连接片、连轴器、顶起螺丝进行额外防腐蚀保护。
- 如果电机是已经完全装配好的整机的话，需每3个月将电机的转子旋转十周以保证轴承表面的保护机油或润滑油有效。

室外存放

将电机存放在室外，需注意：

- 室内存放的防护同样适用于室外存放。
- 用足够大的防水罩完全盖住电机。
- 移除发电机的端盖及侧板。
- 对主轴的裸露部分及未喷漆的部件进行防腐蚀处理。

2.2.3 更长时间存放 （超过六个月）

对“2.1，短期存放（两个月之内）”及“2.2，长期存放（2至6个月）”中列举的所有受保护外表面进行清洁，并且每12个月对电机进行防腐蚀处理。其他按照短期存放指示对电机进行维护。

2.2.4 存放期内的定期检查

参照以下内容对存放期内的电机进行定期检查：

每月：

- 检查防冷凝加热器或可选加热方法的功能。
- 检查电机通风

每三个月：

- 测试电机的绝缘电阻，参见*“7.6.4，绝缘电阻测试”*。
- 检查电机的表面腐蚀状况，如发现存在，立即剔除腐蚀（锈蚀）并做防腐蚀处理。
- 检查防腐蚀处理没有失效。

2.2.5 安装后的存放及维护

如发电机在其安装后长时间不准备使用 ，请参照“2.1短期存放（两个月之内）”中叙述的维护方法。记住每三个月将主轴转动十圈。

第3章 安装及校对

3.1 安装前的准备

3.1.1 概述

完善的安装计划以及准备工作会使安装过程更加准确，确保安全的运行条件和安装的高成功率。

在安装过程中，所有步骤都需遵循通用的和当地的安全法规。

提示：在潮湿的环境条件中，注意使用防冷凝加热器保持电机内部干燥。.

提示：注意防尘、防雨。

工具及材料

ABB通常不提供安装所需的衬垫材料及其他辅助工具，辅助安装工具需由客户自行准备。

根据需求，安装现场还需准备以下工具：

- 测量工具、延伸支架及校对工具等。
- 用于转子转动的杠杆。
- 安装所需的其它附加工具及材料如：千斤顶、带调节螺栓的支架板。

一般拧紧扭矩

螺栓的一般拧紧扭矩参见“7.4.1，紧固件的紧固度”。除了那些在本手册或图纸进行特殊说明的情况，其余螺栓的拧紧扭矩皆可参见7.4.1 的数据。

提示：表格7-2 一般拧紧扭矩并不完全适用于所有部 件如：二极管、支撑绝缘、轴承、电缆出线端或磁极紧固件 、电涌放电器、电容、电流互感器、整流器和精闸管整流桥等部件 。表格7-2 同样也不适用于那些在本手册或机械电气图纸中已经给出了力矩数据的部件，具体请参见机械图及电气图。

3.1.2 出库

从温度低于0 °C的外部环境移至工作现场，需等电机温度充分恢复至5到10°C后再对其进行操作。

从低温环境将发电机移至工作环境可能会导致 电机内部产生潮汽凝结状况，对发电机的绕组来说，这是非常危险的，因此在电机安装前需检查绕组的绝缘性能（具体参见“第5章，试运行”）。

3.1.3 基础的检测

ABB电机并未包含发电机的安装基础设计，因此，买方或第三方买家需进行以下工作：

发电机的安装工作需尽可能早的做准备工作。

在把发电机安放在安装基础之前需：

- 检查安装基础的高度、安装孔等尺寸是否与实际测量以及附件1.外形尺寸图 中的尺寸相匹配。
- 检查安装基础的安装表面是否水平 ，如有倾斜现象，确认倾斜度是否在安装图中陈列的允许度范围之内。
- 检查法兰，连接片及偏距的尺寸是否符合安装图中相应的规定。
- 检查偏距（AH）是否符合尺寸图中相应的规定（见下图3-1）

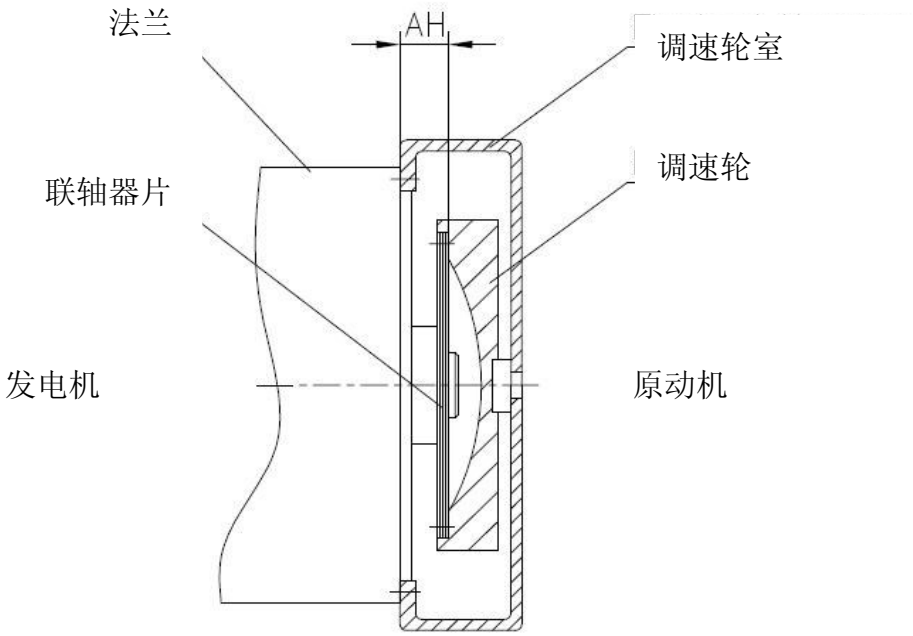

图 3-1与发动机的连接

提示： 测量AH偏距时，最好在圆周上选四个不同点对其进行测量 ：上下左右间隔90^{o}，取平均值。

- 清洁安装基础

3.2 安装及校对

通常来说，发电机是以整体吊装的形式安置在安装基础上的，具体参见附件1.外形尺寸图。

提示： 一般来说买方将自行负责发电机的安装工作 （除非合同里另行规定）。在安装过程中，当下列状况发生时，ABB将不会为因此而导致的发电机或周围设备损坏负责：

- 转运过程中振动过大
- 安装基础或结构的设计不当
- 安装不当
- 校对错误
- 存放条件恶劣
- 运行电机前未按照检查指示执行
- 线路连接错误

为了保证原动机和发电机的 使用寿命达到最长，发电机和原动机的连接必须非常精确。也就是说，原动机和发电机的轴连接的径向及角度偏差必须降至最小。轴线校正必须谨慎因为校正误差可能会导致轴承和主轴的损坏。

在发电机安装、连接时需注意：

- 将发电机安装在底座上。
- 将电机在水平方向和轴向初步对齐。
- 把连接片和飞轮盘对接，法兰盘和飞轮壳对接。

提示： 在进行上述连接工作时需非常小心 ，不当的连接会导致 电机发生严重的振动从而损坏原动机和发电机。

根据实际情况，连接时平行和角度误差不得超过0.05-0.10mm，轴向误差不得超过0.10mm （参见下图3-2误差检查）。

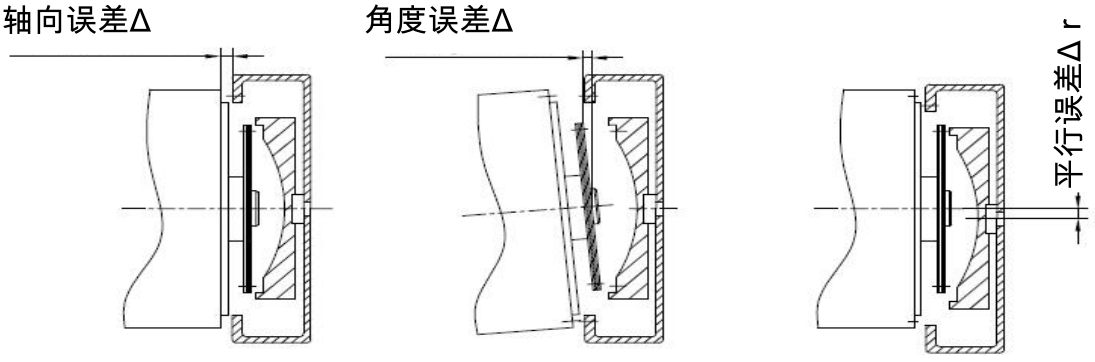

图 3-2 误差检查

提示： 由于能够影响误差 的因素过多，所以几乎不可能把连接误差的范围规定出来 。但是过大的误差 会导致电机振动，最终对电机的轴承及其它部件产生损坏 。因此，尽可能的降低误差范围是非常必要的。上节叙述的误差是最大允许误差。

参见“7.4.1，紧固件的紧固度”将固定螺栓拧至规定的扭矩，检查曲轴的轴向间隙在0.1-0.6mm 之间。

提示： 在完成电机校对后，应首先拧紧连接法兰盘及飞轮壳 的固定螺栓。而后拧紧连接片和飞轮盘上的固定螺栓。

- 拧紧机座底脚螺栓。

为了避免由不当安装而对电机产生的额外负荷，当按照以下步骤进行安装校正：

- 松开原动机底部后面的固定螺栓。
- 紧固原动机底部前面的固定螺栓。
- 检查发电机底座－底架支撑面贴合情况，必要时加垫片。
- 用薄板将发电机底脚酌情垫高，紧固固定螺栓。
- 紧固原动机后支架固定螺栓，并对原动机底座－底架酌情垫高。

提示： 在上述操作过程中，使用扭转扳手紧固连接发电机法兰盘和 原动机飞轮壳的螺栓及连接片和飞轮盘的螺栓。建议扭矩数值参见列表1中的数据。

更多详细安装说明，参见由原动机/发电机制造商提供的安装说明。

3.3 最终安装检查

3.3.1 盖板与护罩

在发电机完成安装连接后，仔细检查电机以防工具或外来物件遗落在发电机内部，而后进行除尘清洁。

在给发电机进行盖板安装时，检查所有盖板上的密封条是否完整。

将安装、连接工具，备件与运输固定装置一起保存以用于将来的不时之需。

第4章　电气连接

4.1　概述

在发电机机械安装、连接之后应该进行电气连接。

电气连接包括主要及辅助线缆，接地及一些外部设备的线路连接。

具体线路连接步骤参见附件3.主接线图和附件4.接线说明。

提示：　在电机上的接线盒上上开孔时需保证不会伤及接线盒内的设备部件。哪怕是细微的金属粒也可能对电机的电气设备产生损害。

4.2　电压调节器

4.2.1　调节器规格（EA63-5）

测量电源S1、S2输入(1ψ)	220/440Vac 50/60Hz(SW1 选择)	电压调整率	< 0.5% (引擎转速变动在4%内)
	185~290Vac @ 220Vac	励磁电阻	>9Ω
	330~515Vac @ 440Vac	电流补偿输入(C1、C2)	1 or 5A >0.2VA (SW 2选择)
电源P1、P2			MAX ±7% @ P.F ±0.7
输入(1ψ)	30~260Vac 40~500Hz	类比电压输入	Un0~15%@0~10Vdc
励磁输出	85Vdc @110Vac	外调电位计VR	1KΩ0.5W ±10%
	170Vdc @220Vac	C+、C-	外接滤波电容端子
	连续电流5Adc 最大25Adc 60秒	反应时间	<1 Cycle
频率范围	50/60Hz (SW 3 选择)	温度飘移	<0.45% @-35~+65℃
	49~60Hz@60Hz 出厂设定57Hz	最大消耗	12W
	40~50Hz@50Hz 出厂设定47Hz	尺　寸	140mm L * 125mm W * 51mm H
电压建立	剩磁电压>5Vac @25Hz	重　量	公克 ± 2%

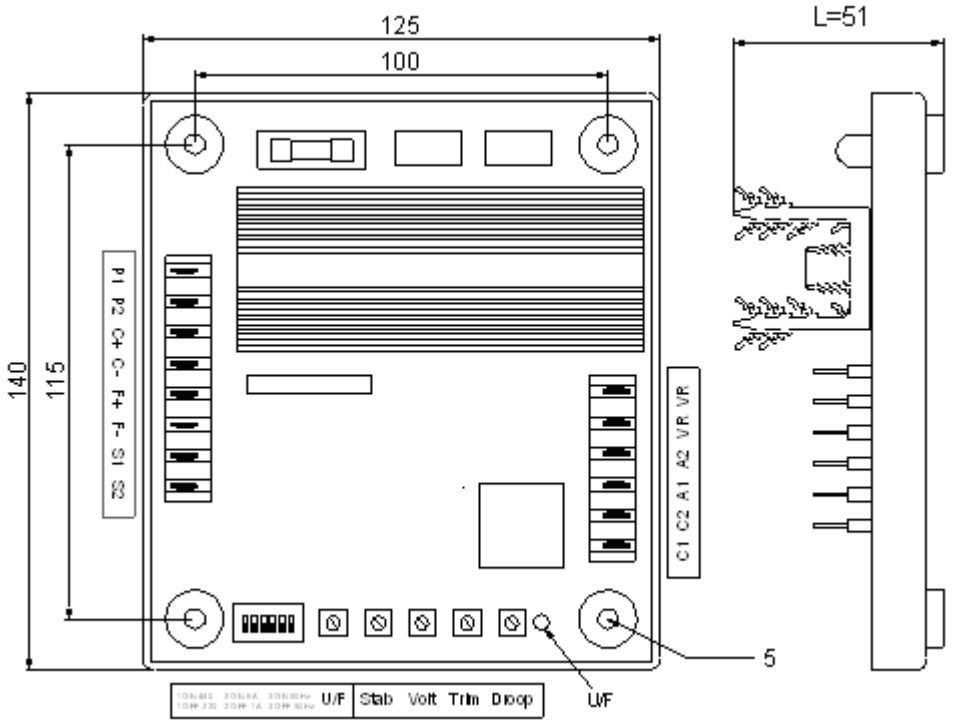

图 4-1 AVR 外型尺寸图

外型尺寸

稳压器可装设于发电机组任何适当位置，其外型与固定孔径如图一。保险丝容量为5A/250V慢熔型。

连接端子规格：6.35mm(1/4 inch)旗型端子("Fast-On" terminals.)

注意!!

使用高阻计或耐压测试器测量前 ，须先将AVR连接线拆离，避免高压损坏AVR.

安全且紧固所有导线，AVR避免安装在有高振动的地方避免导线脱落。当运转中，散热片可能产生高温请勿碰触。

提示：AVR EA63-5H 的性能与AVR EA63-5相同，厚度L为41mm。

4.2.2 SW 指拨开关调整

SW-1 电压选择：如图4-2所示于AVR本体中SW-1用于选择发电机适用之测量电源输入值(S1、S2)。当测量电源为440Vac(380~480)时必须将SW 1设定为ON。反之若测量电源为220Vac时须将SW-1设定为OFF。

注意!!当系统为220V时若SW-1设定为ON(440V)，将导致发电机电压过高及损坏。

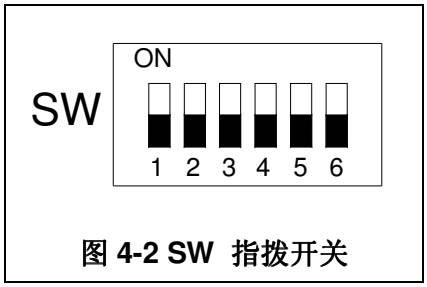

图 4-2 SW 指拨开关

SW-2 补偿CT电流选择：于AVR本体中SW-2用于选择CT适用之电流输入值(C1、C2)。

当C.T.电流为5A时必须将SW-1设定为ON。反之若CT电流为1A时须将SW 2定为OFF。

SW-3 频率选择：于AVR本体中SW-3用于选择发电机额定频率值。

当发电机额定频率为60Hz时必须将SW-3设定为ON。反之若为50Hz须将SW-3设定为OFF。

注意!!当发电机为50HZ系时若AVR设定为60Hz，则可能适造成电压过低。

当发电机为60HZ系时若AVR设定为50Hz，则可能在停车时励磁电流过大造成发电机或AVR损坏。

当发电机容量小于90Kw时SW-4、5、6保持OFF

容量于90 ~ 200Kw时SW-4须为ON，5、6保持OFF

容量大于200Kw时SW-4、5、6保持ON

注意!!当SW-4、5、6改变后必须重新调整 Stab稳定调整，以达发电机最优化。 设定SW开关须在引擎停止运转下进行。

4.2.3 调整

VOLT：电压设定，调整发电机额定输出电压。

当SW 1 ON时(440V)调整范围330~515VAC

当SW 1 OFF时(220V)调整范围180~270VAC

注意!!稳压器所读取AC电压均为平均值(Averge).

外调VR：外接500Ω 0.5W电位器于两 VR端子可调电压范围 ±5%，1KΩ时为±10%

若不使用外接电位器时须将VR、VR两端子短路。

STAB.：稳定调整，提供一可调励磁阻尼线路可以为发电机提供良好的稳定状态以及暂态特性 。正确的稳定度调整可以藉由发电机在无载运转的情况下 ，将

STAB.钮以顺时钟方向缓慢调整至电压不稳定时，再逆时钟调整一些位置(约1/5圈)。

最佳位置或是临界的位置就是从这一点往逆时钟方向调整的位置(即发电机电压稳定但很靠近不稳定的区域)。

U/F ：低频保护调整，此AVR包含了过低转速保护线路来确保电压/频率特性，当发电机的转速低于预设的临界值 (折点)时，低频保护电路开始运作，且电压随频率成线性下降 。配合 SW 3 频率选择 50/60Hz，选择 50Hz 时范围为40~50Hz，出厂设定47Hz。选择60Hz时范围为49~60Hz出厂设定57Hz。

U/FL：当低频保护电路开始运作时，红色LED被点亮。

DROOP：电压下垂调整。当发电机做为电力并联时，本机依据负载电流补偿输入值大小及其与电压移位角度，经内部电路运算后使原设定的电压值上升或下降 。当电流相角落后电压时则使原设定电压值下降，若电流相角超前电压时则使原设定电压值上升。其上升或下降幅度可由DROOP预先设定。

TRIM：类比电压输入端的敏感度 。当AVR端子A1、A2加入一DC电源(0~10V)可由TRIM来调整其对额定电压的影响程度，若TRIM钮以逆时针转到底时，这些外加的信号将不会带来任何影响；而若顺时针转到底，外加信号则会带来最大的影响。

4.2.4 接线端子

P1、P2：基波/谐波电源输入。其输入范围为30~260Vac40~500Hz 1ψ。 6.2C+、C-：外加直流电源滤波端子，滤器耐压须大于P1、P2*1.7以上。

F+、F-：励磁输出。接至发电机励磁绕组。

VR：外接电位计。使用1KΩ 1W电位计可调电压范围±10％，

若无须此功能时须将VR两端子短接。

C1、C2：负载电流补偿输入。输入范围1A或5A(由SW 2选择) 0.2VA。 6.6 S1、S2：测量电源输入。输入范围220或440Vac(由SW 1选择)输入阻抗>2MΩ。

A1、A2：类比电压输入端。

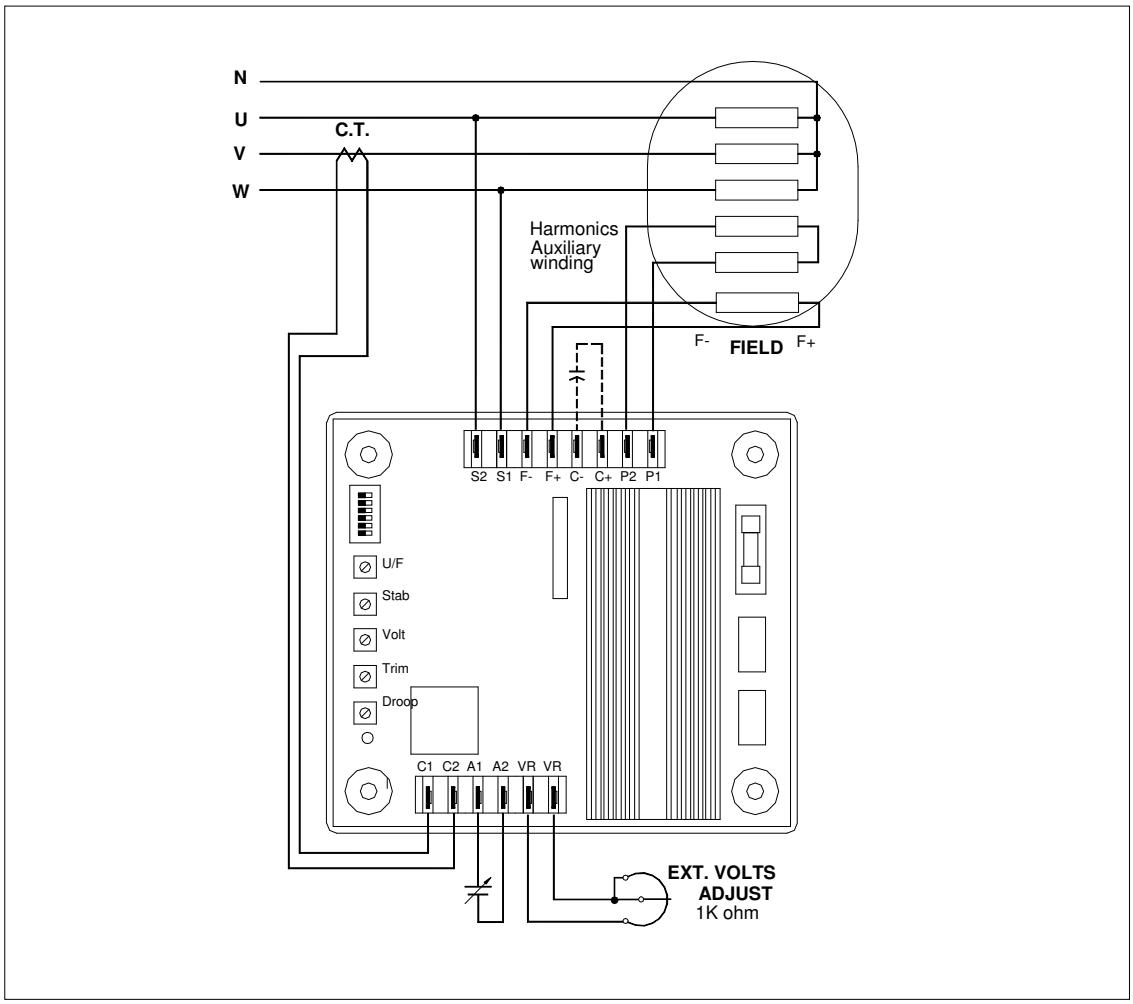

图 4-3 接线图

4.3 电气连接

4.3.1 综合信息

“1.5，常规安全”和“1.6，安全指示”中的内容非常重要，必须时时遵守。在安装发电机之前务必仔细研究随机附带的接线图 ， 参考附件3.主接线图和附件4.接线说明。

在进行发电机安装之前：

- 核对发电机铭牌上标注的输出电压和频率和技术说明中的参数 是否一致。
- 确认输入电缆的规格能够承受当地标准允许的最高电流负载。
- 确认电缆端头的类型和规格合适。
- 检查所有部件的线路例如温度探测器等。

提示： 安装之前确认输入电缆未接到电网上，且已接地保护。

4.3.2 主电缆和中性线的连接

通常，由于客户对接线数目及规格的不同，我方提供的发电机接线盒是不开出线孔的。因此买方或第三方客户需自行开孔。

根据IEC 60034-8的规定，定子出线端分别被标注为 U，V和W出线。线缆绝缘层的剥离，编接和绝缘需按照线缆制造商的使用说明进行 。接线片不用紧固在母线铜排上，只需付着其上（绝缘电阻检测时）。

线缆需用物体支撑着，以至在接线盒内没有压力作用于母线铜排。

当使用三相电缆时，主导线在交叉口时必须要用支撑和隔离片来保持规定距离。

检查相位序列，参考下图4-4 相序排列(IEC)

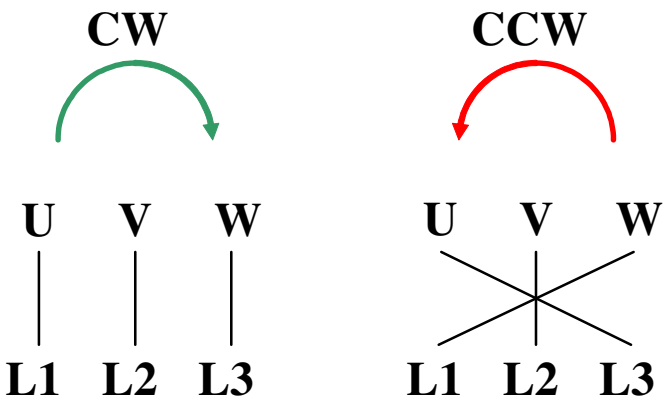

图 4-4 相序排列 (IEC)

（CW指顺时针，CCW指逆时针；面对发电机驱动端看，符合IEC标准。）

中线端用N标示。

4.3.3 接地

地线连接可在接线盒内完成。

4.3.4 主电路接线的绝缘距离

主电缆是为满足恶劣操作条件而设计的，可以在灰尘，潮湿和浪涌电压的情况下运行。为了确保无异常持续运行，所以满足一些当地或其他适当的绝缘距离标准显得很重要。

如果没有当地要求或其他适当的标准，建议最小绝缘距离参照表格 4-1 中推荐的最小绝缘距离。

这些绝缘距离包括：两相之间的绝缘距离，地线和相线的绝缘距离。空气绝缘距离在此是指电势（电压）不同的两点之间的最短气隙距离。表面绝缘是指在同一个层面上电势（电压）不同的两点之间的之间，沿着表面的最短距离。

表4-1 建议最小绝缘距离

建议最低绝缘距离: U ≤ 690 V	
空气绝缘距离 [mm]	6
表面绝缘 距离[mm] 平滑表面	10
表面绝缘距离 [mm] 粗糙表面	8

4.3.5 辅助工具和电机的接线

附件和工具的连接参照附件3.主接线图。

第5章　试运行

5.1　概述

只有在所有相关方（买方及供应商）对试运行报告确认后，整个试运行程序才算结束。

试运行报告将为将来的售后服务、维护及问题解决提供第一手依据。

提示：　试运行报告需发给ABB以获取保证条款。

试运行报告样本格式参见附件5.试运行报告。

试运行的操作过程必须遵守安全预防概要，并且其中的所有工作必须由获取相关资格的操作人员完成。

5.2　机械安装检查

试运行前需：

1. 检查安装、连接工作是否按照*“第3章，安装及校对”*中的要求完成。

提示：试运行报告中必须包含校对记录。

2. 检查发电机是否稳定的安装在底座上。
3. 检查安装底座的大体状况以及是否有裂纹。
4. 检查固定螺栓是否紧固。
5. 打开发电机检查电机的气隙是否通畅。
6. 可能的话用手转动发电机的转子，检查转子的转动是否顺畅以及有无异常声音。
7. 检查接线盒的安装状况。
8. 检查运输固定装置是否已经全部移除。

5.3　检查电气安装

在定子绝缘电阻测试合格之后，输出电缆即可永久性连接接线盒中的接线端。具体参见“7.6.4，绝缘电阻测量”。

试运行前，检查输出电缆的连接状况，需注意：

检查固定螺栓的紧固扭矩是否正确。

检查输出电缆的走线是否合理，不会对接线铜排产生额外张力。

检查输出电缆的张紧度是否合理。

检查辅助设备的接线。

检查发电机电缆密封件的松紧。

5.4 绝缘电阻测试

在对发电机进行任何线路连接或输入电压之前，需对发电机绕组及辅助设备进行绝缘电阻测试。

至少需对以下部件进行绝缘测试：

- 主机定转子绕组
- 励磁机绕组
- 防冷凝加热器 (如选择)

测试的结果将显示发电机绕组（或其它测试的线路）和电机机座之间的绝缘状况。关于详细测试操作步骤，参见“7.6.4，绝缘电阻测量”。

如果测量出来的绝缘能力指数低于给定值，则在发电机使用前对其进行矫正，详细参见“7.6.8，干燥”。

需在计划使用发电机之前对电机的绝缘电阻进行严格测试，这样如若发现问题则能有足够的时间进行必要的修正操作。

在测试过程中必须保持绕组干燥，因此在存放、安装过程中防冷凝加热器必须开启。

5.5 启动

发电机的启动

发电机的开启步骤取决于机组的实际情况，主要步骤如下：

如果没有自动关闭开关，手动关闭防冷凝加热器

启动电机

调节旋转速度

开启励磁设备（ 自励系统自动开启）.

调节额定电压

根据需要调节同步参数

根据需要调节发电机，使其和外接电网同步

建议使用同步数据：

- ΔU = 2 %
- Δf = 0.7 %

  相位差低于 15°

不能超出最大值 ΔU = 4.5 %, Δf = 4.0 %

提示： 尽量避免使发电机运行在75%额定速度以下。

5.6 停机

发电机的停机步骤取决于机组的实际情况，主要步骤如下：

将发电机的输出电压降为零

开启主断路器

关闭励磁设备

关闭发动机

如果没有自动导通开关，手动打开防冷凝加热器

第6章　运行

6.1　概述

发电机必须进行仔细维护、管理以保证其无故障运行。

在启动电机前需保证：

- 没有维护任务正在实施。
- 操作人员和相关辅助设备全部到位。

详细步骤参见“5.5，启动”。

如发现有任何非正常因素发生如温度升高，噪音增大及振动不正常等，须立即停机，尽快找到原因。必要时，联系电机制造商。

提示：　发电机带负载运行时表面会产生高温。

提示：　过载运行时可能会造成绕组损伤。

6.2　正常运行条件

ABB发电机运行条件根据IEC标准的技术规范及ABB的内部标准进行设计。

ABB发电机的正常运行条件如最高运行 环境温度及最高运行海拔高度等数据都列在性能参数表中。发电机运行的支撑基础必须稳固（无振动），周围空气必须无尘，无盐，无腐蚀且无杂质。

6.3　同步发电机的保护

同步发电机须根据其型号、用途的不同采取相应的保护措施。以下是建议采取的通常保护：

- 转子绕组的过热保护 I >
- 线路短路保护 I >>
- 定子线圈短路保护，差动继电器
- 定子对地故障保护，接地保护继电器
- 过压保护，过压保护继电器
- 不平衡负载或相内匝间保护I2/In
- 欠励及失步保护，失磁阻抗保护继电器
- 低压及失压保护，欠电压继电器

- 温感PT-100 铂热电阻监测
- 冷却空气温度过高保护
- 渗水检测
- 润滑油压注入泵功能检测
- 附加保护措施
- 频率干扰保护
- 逆功率保护
- 整流桥保护
- 振动水平保护

提示： 根据发电机的使用范围不同 ，现实中并非一定要采取所有保护措施。根据客户需求，可对发电机采取相应/必须的保护措施等级。

6.4 启动步骤

在发电机启动前须进行下列检查步骤：

- 没有启动任何制动设备/措施
- 操作人员和相关辅助设备全部到位

详细步骤参见“5.5，启动”。

6.5 持续性监控

发电机系统需配备启动次数计数器和运行时间记录仪。

操作人员需对发电机进行定期检查，包括对发电机及其辅助设备从听觉，嗅觉及触摸上进行测试，以获取相应运行状况资料。

对发电机的监控、检查的主要目的是让工作人员彻底的熟悉 电机，以及当一些反常问题出现时能够采取相应的措施。

发电机的监控、检查过程中获得的数据需保存用于作为将来的维护 、维修及修复工作的参考。

同样，在上述过程中，发电机的运行数据（如负载，功率因数，转速，最低电压和电流）需记录下来作为将来操作的备用数据。

发电机的监控和维护之间的定义非常模糊，一般来说，在对电机进行监控操作时包括记录运行数据如负载、温度等，这些数据则被用于作为维护及保养的依据。

在发电机运行的第一阶段（200小时以内），对发电机需进行较严格的监控，电机的轴承及绕组温度 、负载、电流、冷却、润滑和震动数据需要经常检查。

在接下来的工作周期内 （200－1000小时），一天检查一次就足够了 。检查记录数据都需应用并且归档。如果发电机运行一致很稳定正常，则对发电机的定期监控周期可适当延长。

6.6 停机程序

同步电机停机时需注意：

- 断开主断路器。
- 关闭励磁设备（根据实际配置）。
- 发电机停机时 ， 需开启防冷凝加热器以防止水汽在发电机 内部凝结。

更多相关信息，参见“5.6，停机”。

第7章　维护

7.1 预防性维护

同步电机通常是作为某个更大装置的重要组成部分，如果能够实施正确的监控和维护，可确保可靠的运行和正常的使用寿命。

因此维护的目的是为了：

- 确保电机能够可靠运行，不会产生任何意外的操作或干扰。
- 估计并计划维护操作，尽可能降低停机时间。

监控和维护这两个概念很难区分。正常的运行监控和维护包括记录运行数据（例如负载，温度，振动），以及测量绝缘电阻。

在试运行或维护后，应加强监控。

本章针对维护计划提出一些建议，并就常见的维护任务提出工作指南。在制定维护计划时，应仔细阅读这些指导和建议并以其为依据。请注意，本章提出的维护建议只是最低程度的维护。加强维护和监控活动，电机的可靠性、长期可用性将增加。

在监控和维护过程中获取的数据有助于估计和制定附加维护操作计划。如果某些数据表明存在异常情况，“第8章 故障排除”中的故障排除指南可帮助找出故障原因。ABB建议在制定维护计划，执行实际的维护操作以及排除故障时由专家负责。

ABB售后服务机构非常乐意为此提供帮助。ABB售后服务部门的联系信息，请参见“9.1.5，售后服务联系信息”。

预防性维护的一个重要部分是选择适当的备件。获取关键备件的最好方式是备有适当的库存。现成的备件可向ABB售后服务部门购买，参见“9.2，备品备件”。

7.2 安全预防措施

在进行任何电气设备操作之前，必须采取常规的电气安全预防措施，并遵守本地规章，以防止出现人员伤害事故。应遵守安全人员的指导。

在电气设备和装置上执行操作的人员必须具有足够的资历。工作人员必须经过培训，熟悉旋转电气设备的特定维护程序和测试。详见“1.5，常规安全“ 1.6，安全指示”

7.3 维护计划

本章介绍了对ABB电机的推荐维护计划。该维护计划属于一般计划，应视为最低等级的维护。如果在本地条件苛刻或者要求具有极高可靠性时，应加强维护操作。请注意，即使在进行该维护计划时，对电机进行正常的监督和观测也是十分必要的。

请注意：不同型号的发电机应进行相应的维护 。本章节描述的维护计划包括的附件并不适用于所有 电机。操作人员应根据不同的发电机信息制定相应的维护计划。

维护计划基于四个等级的维护，根据运行时间进行轮换。工作和停机时间会有不同，因此1级主要包括快速目视检查，4级注重于严格测量和更换操作 。有关此类型维护的更多备件信息，请参见“9.2，备品备件”。推荐的维护间隔时间可参见 表7-1，推荐维护计划 。本章推荐的运行时数为等价运行时数(Eq. h)，可更具以下公式进行计算：

运行时数(Eq. h) = 实际运行时间＋启动次数×20

表7-1 推荐维护计划

Interval (Eq. h) 间隔时间(Eq. h)	L1	L2	L3	L4
4000	X			
8000		X		
12000	X			
16000		X		
20000	X			
24000			X	
28000	X			
32000		X		
36000	X			
40000		X		
44000	X			
48000			X	
52000	X			
56000		X		
60000	X			
64000		X		
68000	X			
72000		X		
76000	X			
80000				X

1级 （L1）

1级或者L1维护包括目视检查和少量维护。

此项维护的目的是，在问题导致失效和意外维护停机前进行快速检查，确认是否出现问题。该项维护也可以为下次的深入检查应采取那些措施提供参考。

根据电机的类型和安装以及检查的深入程度，维护时间估计持续大约4-8个小时。用于该维护的工具包括一些普通的维修工具，如扳手和螺丝刀。准备工作包括打开检测盖。当执行该维护时建议至少准备好运营备件包。

第一次的1级维护应在试运行后4000个等价运行时数或者半年后执行。此后，L1维护应在2级维护之间每年执行一次，参见表7-1，推荐维护计划。

2级（L2）

2级或者L2维护包括检查、测试和小型维护任务。该维护的目的是为了找出发电机运行中是否存在问题，并进行少量维修，以确保连续运行。

根据电机的型号和安装情况以及维修的工作量，估计维护持续时间大约在8-16个小时。用于该维护的工具包括一些普通的维修工具，如万用表，扭矩扳手，绝缘电阻测试仪（高阻表）。准备工作包括打开检测盖。运营备件中包括适用于该等级维护的备件为推荐备件包。

第一次的2级维护应在试运行后8,000个等价运行时数或一年后执行。此后L2维护应每年执行一次，或在每8,000个等价运行时数后执行一次，参见表7-1，推荐维护计划。

3级（L3）

3级或者L3维护包括执行大量检查、测试和L1及L2维护不能执行的大型维护任务。该维护的目的是解决遇到的故障，并更换磨损的部件。

根据电机的型号和安装情况以及维修和更换的工作量，估计维护持续时间大约为16-40个小时。用于该维护的工具L2包括维护工具和内诊镜，示波镜。

准备工作包括打开检查盖。推荐备件中包括适用于该等级维护的备件。

3级维护应在每24,000个等价运行时数或者3至5年为间隔执行。在执行L3维护时，将替换计划的L1或L2维护，但并不影响这些维护的轮换，参见表7-1，推荐维护计划。

4级（L4）

4级或者L4维护包括大量检查和维护任务。该维护的目的是为了使电机回复到可靠的运行状态。

根据电机的状况以及所需执行的重新调整操作，估计维护的持续时间大约为40 － 80小时。用于维护的工具包括L3维护工具和转子拆卸设备。准备工作包括打开检查盖，并拆卸转子和励磁机（根据需要）。

该等级维护中需要的备件数量应在维护之前确定。至少应准备推荐的备件。重要备件中包括的备件可确保快速成功地执行该维护。

4级维护应在每80,000个等价运行时数后执行。在执行L4维护时，将替换计划的L1,L2或L3维护，但并不影响这些维护的轮换，参见表7-1， 推荐维护计划

7.3.1 推荐维护程序

维护计划中使用的缩写字母：

V =目视检查

C =清洁

D =拆卸和装配

R =重新调节或更换

T =测试和测量

注意：并非所有选项都适合所有电机。

维护间隔时间					
	按照等价运行时数或者时期 （以先到者为准）				
维护对象	L1	L2	L3	L4	检查/测试
	4000	8000	24000	80000	
	半年	每年	3 – 5 年	大修	

7.3.1.1 一般结构

维护对象	**L1**	**L2**	**L3**	**L4**	**检查/测试**
设备运行	V/T	V/T	V/T	V/T	启动 、停机 、振动测量、无载荷点
安装及基础	V	V/T	V/T	V/T/D	裂缝、锈迹、对正
励磁机	V	V	V	V	锈迹、泄漏、状况
紧固件	V	V/T	V/T	V/T	所有紧固件的紧度

7.3.1.2 电源连接

维护对象	**L1**	**L2**	**L3**	**L4**	**检查/测试**
电缆	V	V/T	V/T	V/T/D	磨损、紧固
连接线	V	V/T	V/T	V/T/D	氧化、紧固
出线盒	V	V	V	V	一般状况
出线板	V	V	V	V	进入电机和电机内部的电缆状况

7.3.1.3 定子和转子

维护对象	**L1**	**L2**	**L3**	**L4**	**检查/测试**
定子铁芯	V	V	V	V/C	固定、裂缝、焊缝

定子绕组绝缘	V	V/T	V/T/C	V/T/C	磨损、清洁度、绝缘电阻（高压测试）
定子线圈端部	V	V	V	V	绝缘损坏
定子线圈支架	V	V	V	V	绝缘损坏
定子槽楔	V	V	V	V	运动，紧度
接线铜板	V	V	V	V	固定，绝缘
定子电缆端部紧固及并头套压接	V	V/T	V/T	V/T	紧度，状况
仪器	V	V	V	V	电缆及电缆绑扎的状况
转子绕组绝缘	V	V/T	V/T/C	V/T/C	磨损，清洁度，绝缘电阻，电压降测试
转子线圈支撑	V	V	V	V	运动，弯度
转子动平衡块	V	V	V	V	运动，固定
阻尼条	V	V/T	V/T	V/T	裂缝，腐蚀，超声波及敲击测试
轴	V	V	V	V	裂缝，腐蚀
气隙	V	V	V	V	清洁，均匀
转子内的连接	V	V	V/T	V/T	固定，一般状况

7.3.1.4 励磁系统，控制及保护

维护对象	**L1**	**L2**	**L3**	**L4**	**检查/测试**
励磁机整流桥	V	V/T/C	V/T/C	V/T/C	清洁，运行
励磁机整流模块	V	V/T/C	V/T/C	V/T/C	运行，固定
励磁机接线	V	V/T/C	V/T/C	V/T/C	固定，一般状况
励磁绕组绝缘	V	V/T	V/T	V/T	磨损，清洁，绝缘电阻
励磁机气隙	V	V/T	V/T/D	V/T/D	清洁，均匀
自动电压调节器（AVR）	V	V/T	V/T	V/T	运行，设置，稳定性测试
并联运行的电流互感器	V	V	V/T	V/T	运行，清洁
温度传感器	V	V/T	V/T	V/T	运行，电阻
防冷凝加热器	V	V/T	V/T	V/T	运行，绝缘，电阻
辅助接线端	V	V/T	V/T	V/T	一般状况，出线端，配线状况
励磁机定子固定	V	V	V	V	一般状况，裂痕

7.3.1.5 轴承

维护对象	**L1**	**L2**	**L3**	**L4**	**检查/测试**
轴承装配	V	V/T	V/T	V/T	一般状况
轴承润滑脂	V/R	V/R	V/R	V/R	重新润滑
滚动轴承	V	V	V/R	V/R	状况，更换轴承

7.3.1.6 冷却系统

维护对象	L1	L2	L3	L4	检查/测试
风扇	V	V	V	V	运行，一般状况，裂缝
进风口	V	V/C	V/C	V/C	清洁，运行
出风口	V	V/C	V/C	V/C	清洁，运行

7.4 一般结构的维护

为了确保电机的一般结构可以达到较长的使用寿命，电机外表面应保持清洁并应定期检查是否存在锈迹、泄漏以及其他缺陷。电机外表面上的污垢会使机座腐蚀，并影响电机的冷却。

7.4.1 紧固件的紧固度

定期检查所有紧固件的紧度。应特别注意固定件和转子部件，这些部件必须随时保持紧固。松开这些部件可能导致整个电机突然和严重的损坏。

关于紧固扭矩的一般值，请参见表7-2 常规紧固扭矩

表7-2 常规紧固扭矩

螺栓扭矩			
	特性级别		
	4.8	8.8	10.9
螺栓	紧固扭矩，牛顿-米		
M8	10~12	22~30	30~36
M10	20~25	45~59	65~78
M12	36~45	78~104	110~130
M14	55~70	124~165	180~210
M16	90~110	193~267	280~330
M18	120~150	264~354	380~450
M20	170~210	376~502	540~650
M22	230~290	512~683	740~880
M24	300~377	656~868	940~1120
M27	450~530	952~1269	1400~1650

注意： *表7-2 常规紧固扭矩*中的值为常规值，不一定适用于所有项目，例如二极管，支撑绝缘子，轴承，电缆连接柱或转子极紧固件，电涌放电器，电容器，电流互感器，整流器，闸流管电桥，本手册或载机械及电气图纸上还有一些另外规定的数值，请参见机械图纸以及电气图纸。

7.4.2 振动和噪音

振动等级较高或者不断升高表明电机状况发生变化 。正常的振动等级会因应用发电机的型号以及基础不同而存在很大的差距。详细的振动测量以及等级讨论见“第5章，试运行”。可能造成较高噪音或者振动等级的一些典型原因包括：

- 对正，参见“*第3章，安装及校对*”
- 气隙，参见“*第3章，安装及校对*”
- 轴承磨损或损坏
- 来自连接机械的振动，参见“*第5章，试运行*”
- 松动的紧固件，参见“*第3章，安装及校对*”
- 转子失衡
- 联接

7.4.3 转子结构控制

应对转子结构进行特别关注，因为即使转子很小的损坏都有可能导致定子产生多处的损害。另外，旋转部件，例如转子，会比电机的静止部件产生更多的机械问题，而且会发展的更快。

因此，转子的结构情况每年都应进行检查，最好可以运用上内诊镜和超声波等设备。紧固件的状况以及紧度需进行更加细致的检查。

7.4.4 电机运行时的检查

电机运行的第一天需要对其进行密切的监查，以防振动，温度等级或异常的声音对电机产生影响。

7.4.4.1 一般振动等级

下面的指南属于两个ISO标准：

ISO 10816-3:1998机械振动 – 通过非旋转部件上的测量评估设备振动：第3部分：标称功率超过15kW，标称转速载120 r/min到15000 r/min范围内的工业设备。

ISO 8528-9:1995 往复式内燃机驱动的交流发电设备：第9部分：机械振动的测量和评估。

7.4.4.1.1 测量程序和操作条件

具体程序概述请参见ISO 10816-1，并请依照以下推荐方式进行操作：

测量一般进行在转子和轴承运行到稳定的正常温度 ，并且设备在如额定转速，电压，气流，气压以及负载达到指定条件下运转时。

如果所测量到的振动超过了可接受的标准，并且存在过多的基底振动，测量必须在设备停机时进行，以确定外部影响的指数。如果在设备静止时测量的数据超过了在运行时数据的25%，那需要采取纠正方法以减少基底振动的 影响。

测量设备

测量设备应能够测量宽频振动的均方根值 ，至少在10Hz到1,000Hz频率方位内具有平坦响应，并符合ISO2954的要求。根据振动标准，可能需要测量位移或者速度或者都测量（参见ISO10816-1）。

测量位置

测量通常在设备上便于操作的外露部件上进行。应注意确保测量结果能够合理反映轴承室的振动，并且不存在任何局部共振或放大。振动测量的位置和方向应使其对设备的动态 力具有足够的灵敏度。通常这要求在轴承盖或者机座上布置两个正交径向 测量位置，通常垂直和水平方向最适合卧式安装的设备。对于立式或者倾斜 设备，应采用振动读数最大的位置。在某些情况下，还建议在轴向上测量。测量时应记录具体的位置和方向。

7.4.4.1.2 对 RIC 发动机所带动机组的评估

RIC（往复式内燃机）发动机主要激励频率范围是2Hz到200Hz。尽管如此，由于需要考虑到大部分发电机组结构以及部件组成 ，2Hz到1000Hz的发动机都需要考虑到振动评估中。

根据以往的经验，对于一台标准发电机组的结构设计以及部件 ，如果振动水平低于数值1（参见下表，表7-3， 振动速率，Vrms），损害将不会被估计。

如果振动水平在数值1和数值2之间，发电机组结构以及部件需与机组 制造商以及部件供应商达成长期协议，以保证电机能够可靠的运行。

有时，振动水平会超过数值2，但仅仅对那些结构和部件进行分别特殊设计发电机组才可能被应用。

发电机组制造商仍然负责机组部件的兼容性 （参见 ISO 8528-5:1993, 15.10）。

表7-3 振动速率，Vrms

发动机转速 [rpm]	数值 1 [mm/s]	数值 2 [mm/s]
≥1300 但<2000	20	28
>720 但<1300	18	22
≤720	15	20

附加信息

有关振动测量的更多信息，请见以下国际标准：

- ISO 2954 旋转设备以及往复式设备的机械振动 – 测量振动工具的要求
- ISO 5348 机械振动及震动 — 加速计的机械安装
- ISO 7919 非往复式设备的机械振动 — 旋转轴的测量以及评估标准。
- ISO 8528 往复式内燃机驱动的交流发电机组
- ISO 10816 机械振动 — 通过测量非旋转件评估设备的振动

7.4.4.2 温度水平

轴承，定子绕组以及冷却空气的温度需在同步电机运转时进行测量。

在全速运转时，轴承只有在运行一定时间（2 – 6个小时）后，才能达到稳定的温度。

定子绕组的温度取决于电机所带负载 。如果在试运行中，或试运行之后，电机无法达到满载，那么当时的负载以及温度需在试运行报告中指出。

7.5 轴承维护

本章介绍轴承中最重要的维护部分。

轴承包括可润滑和不可润滑的滚动轴承 。轴承的使用寿命可参见技术规范 。轴承的实际使用寿命主要取决于运行条件，计算值仅作为参考。

封闭滚动轴承

封闭轴承不可润滑，只能定期检查其清洁度，保持轴承的清洁，保证轴承表面不受腐蚀，目测轴承的状况。

可润滑的滚动轴承

为了能够更可靠的运行，轴承需在滚动元件、轴承以及轴承罩之间加入润滑脂，防止金属间的摩擦，同时防止表面的腐蚀。

润滑脂的选择、润滑以及定期清理都需非常小心，所有信息在润滑铭牌中给出。

在确保可靠润滑性能所需的润滑脂前提下，尽可能少使用润滑脂，这样可使轴承在合适的温度下运行。因此必须遵守电机生产厂家的操作规范。

过量的润滑脂会很快的提高运行的温度，特别时在高速旋转的情况下。

必要时，可以更换润滑脂，但是必须考虑到不同润滑脂混合有可能出现的情况。如果不合适的润滑脂混合在一起，密度有可能变得有很大差异，混合润滑脂的最大使用温度有可能变得很小，以致轴承的损坏。

当新的润滑脂仍然润滑效果很好时，需要经常加注到轴承，伴随电机一起运行。

润滑脂需根据润滑铭牌上的信息进行加注。

像所有电机上的重要部件一样，轴承必须定期进行清洁和检查。运行的频率以及程序，主要根据运行的情况而定。

清洁时最好使用漆溶剂，高质量的石蜡，汽油或者是安息油。清洁完后，部件需要立即涂上油或者润滑脂以防止腐蚀。

7.5.1 非驱动端安装以及更换

注意：当分解电机时，需要及时更换轴承。

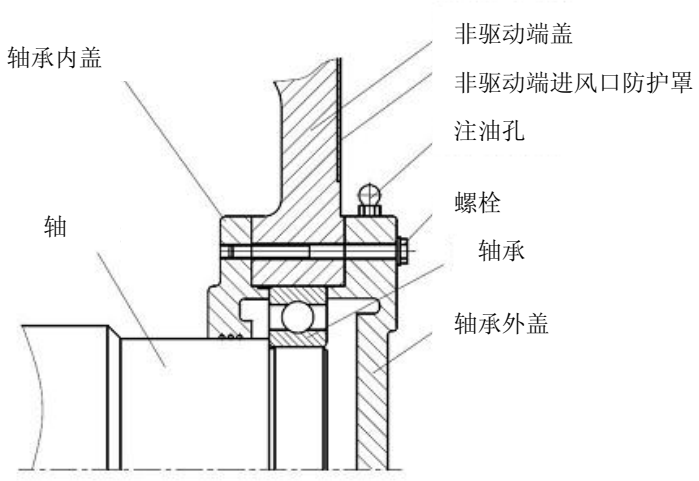

图7-1 轴以及轴承横切面

7.5.1.1 轴承移除

1．移除非驱动端进风口防护罩

2．移除内轴承固定器的4个螺栓

3．移除定子非驱动端的8个螺栓

4．非驱动端盖与励磁机定子部分同时卸下

5．用拉码取出滚珠轴承

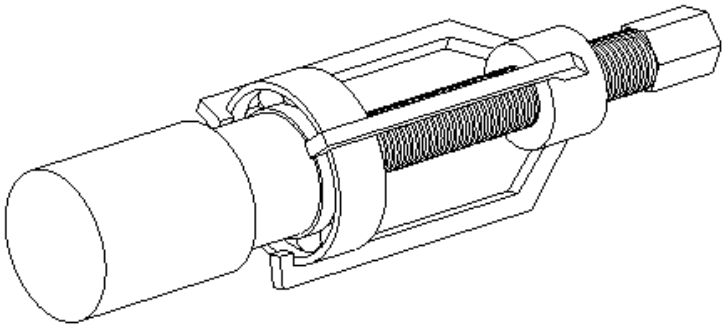

图7-2 拉码

6．确认O型密封环以及波浪垫圈，并更换（如有需要）

7.5.1.2 重新安装新轴承

1．在重新安装时需清洁部件上残留的润滑脂

2．安装感应加热后的新轴承，最高加热温度80°C

注意：不要敲击或挤压外部密封圈，这样可能损害到滚球

3．在安装轴承盖前，要向轴承加注润滑脂(若是可再润滑轴承)

4．安装轴承盖

5．安装非驱动端盖

6．将非驱动端盖用8个螺栓安装到定子上

7．将4个螺栓安装到轴承内盖上

8．将进风防护罩安装在后端盖上

注意：谨记用正确的方式拧紧螺栓。在拧紧螺栓时，需按照以下步骤：

1. 清洁螺纹
2. 使用合适的螺栓锁紧装置
3. 用扭矩扳手向两个方向拧紧螺栓，（松紧度请参见 *表7-2 一般紧固扭矩*）

更多的信息请参见*“7.4.1，紧固件的紧固度”*

7.6 定子和转子绕组的维护

旋转电气设备的绕组会承受电气，机械和热应力。这些应力会使绕组和绝缘逐渐老化，以致性能恶化 。因此，设备的使用寿命通常取决于绝缘的耐用性。

许多会导致损坏的过程都可通过适当的维护以及定期测试避免或至少延缓 。本节概述如何执行基本维护和测试。

ABB服务部门在许多国家都提供全套维修维护服务，包括综合性测试。

在执行任何绕组维护操作之前，应采取常规电气安全预防措施并遵守本地规章，以防止出现人员伤害事故。更多详细信息请参见“7.2 安全预防措施”。

在下列国际标准中还可以找到独立的测试和维护指南：

IEEE标准43-2000， IEEE推荐的旋转电机绝缘电阻测试操作

IEEE标准432-1992，IEEE关于旋转电机（5hp至10 000 hp）绝缘维护的指南

7.6.1 关于绕组维护的特殊安全指南

绕组维护中的一些危险工作包括：

- 搬运危险的溶剂、清漆和树脂。绕组清洁与浸漆需要使用危险物质 。如果吸入、吞入这些危险物质或者接触皮肤 ，或其他器官可能产生危险 。如果发生事故应立即就医。
- 处理可燃溶剂和清漆 。必须由被授权人员搬运和使用这些物质 ，必须遵守相关的安全程序。
- 高压（HV）下的测试。必须由被授权人员进行高压测试，必须遵守相关的安全程序。
- 在绕组维护中使用的危险物质包括：
- 石油溶剂：溶剂
- 三氯乙烷：溶剂
- 罩光漆：溶剂和树脂
- 粘胶树脂：环氧树脂。

注意：维护过程中处理危险物质有专门的指南 。重要的操作指南同样会标注在危险物质包装的警告标签上。

绕组维护过程中的一些常规安全措施如下：

- 避免吸入烟气：确保工作现场通风良好，或者使用呼吸面罩。
- 佩戴安全装置，例如护目镜、安全鞋、安全帽和手套以及适当的防护服以保护皮肤。工作人员必须使用保护霜。
- 喷漆设备，设备机座和绕组在喷漆过程中应接地。
- 在地坑和狭窄位置工作时采取必要的预防措施。
- 只有经过高压操作培训的人员才可执行电压测试。
- 工作现场不得吸烟或饮食。

7.6.2 确定维护时间

确定绕组维护时间有三个主要原则：

- 绕组的维护应根据电机的其他维护安排
- 只有在必要时才应执行维护操作

- 重要设备的维护频率应高于重要性较低的设备 。这一点也同样适合快速污染的绕组和重载驱动装置。

注意：按照经验，绝缘电阻测试应每年执行一次 。对于大多数运行条件和大多数设备这个测试频率已经足 够。其他测试只应在出现问题时执行。

整个设备（包括绕组）的维护计划，请参见“7.3 维护计划”。但维护计划应适应客户的具体情况（即其他设备的维护）和运行条件（只要没有超过推荐的维护间隔时间）。

7.6.3 正确的工作温度

通过保持设备外表清洁、确保冷却系统正常运行以及监控冷却空气的温度，可保证绕组的正确温度。

对于空气冷却的设备，应监控空气进风口和出风口的清洁度很重要。

如果电机安装了温度传感器，则定子工作温度必须由温度传感器进行监控 。如果传感器之间的温度差值较大 ，或者检测到高温 ，可能预示绕组已经损坏。

7.6.4 绝缘电阻测量

在执行常规维护过程中，设备首次启动之前或长期停机后，必须测量定子和转子绕组的绝缘电阻。

绝缘电阻测量可提供关于绝缘材料的湿度和干净程度的信息 。根据该信息，可确定正确的清洁和干燥操作。

对于绕组干燥的新电机，绝缘电阻非常高。但是，如果电机的运输或者存储不当、受潮，或者设备操作不当，都会大大降低绝缘电阻。

注意：测量绕组之后应立即接地，以避免触电。

7.6.4.1 转换测量绝缘电阻值

为了能够比较测量的绝缘电阻值，以40°C为基准温度。实际测量值按照下图（参见 图7-3 绝缘电阻和温度之间的关系）转换为40°C对应值。在使用该图时温度应比较接近标准值40°C，因为差值过大会产生误差。

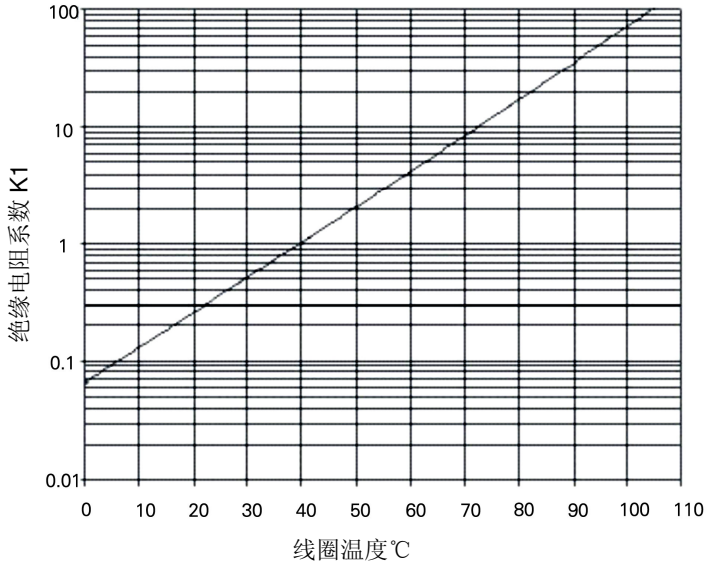

图7-3 绝缘电阻和温度之间的关系

R =在特定温度下的绝缘电阻值

R40 = 40 °C 40°C的等效绝缘电阻

R40 = k x R

示例：

R = 20°C下测量的30 MΩ

k = 0.25

R40 = 0.25 x 30 = 7.5 MΩ

表7-4 以摄氏度（°C）和华氏度（°F）为单位的温度值

℃	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110
℉	32	50	68	86	104	122	140	158	176	194	212	230

7.6.4.2 常规问题

基于绝缘电阻测试，在决定采取任何措施之前应考虑下列方面：

- 如果测试值太低，必须清洁以及/或者干燥绕组，细节参见*7.6.8 干燥*。如果这些措施还不够，应请求专家帮助。
- 对于怀疑受潮的电机，无论测量的绝缘电阻值时多少，都应仔细干燥。
- 绕组温度升高时绝缘电阻值会降低。
- 温度每升高10 – 15K，电阻减半。

注意：在测试报告中显示的绝缘电阻通常大大高于现场测量的值。

7.6.4.3 绝缘电阻的最低值

以下标准适用于正常状态的绕组。

一般而言，干燥绕组的绝缘电阻值应大大超过最低值。由于电阻因电机类型和本地条件而异，因此无法给出确定的数值。此外，绝缘电阻会受到设备的老化和使用情况的影响。因此，下列数值仅供参考。

下面给出的绝缘电阻极限值的条件是：气温40°C，测试电压时间达到一分钟或更久。

转子

对于转子：R(1 - 10 分钟， 40 °C) > 1.5 MΩ

碳尘和裸露的铜表面会降低转子的绝缘电阻值。

定子

对于新定子：R(1 - 10 分钟， 40 °C) > 1000 MΩ

对于使用过的定子：R(1 - 10 分钟， 40 °C) > 100 MΩ

如果没有达到此处给定的值，应确定绝缘电阻较低的原因。绝缘电阻值较低一般由于湿度过大或者污垢过多所致，实际的绝缘材料往往是完好的。

7.6.4.4 定子绕组绝缘电阻测量

使用绝缘电阻测量仪测量绝缘电阻 。测试电压为1 000VDC。测试时间为1分钟，然后记录绝缘电阻值。在执行绝缘电阻测试之前，必须采取下列措施：

- 确保电流互感器（CT）的二次侧（包括备用线圈）没有开路。参见“*图 7-4 绝缘电阻测量中定子绕组的连接*”。
- 检验所有电力线是否都已断开
- 检验电机机座和未测试的电子绕组是否已接地。
- 所有电阻温度传感器都已接地。
- 电压变压器可能使用的接地（不常见）必须拆除。

绝缘电阻测量应在出线盒中执行 。通常整个绕组一起测试，此时测量仪连接在电机机座和绕组之间；参见图7-6 绝缘电阻测量中定子绕组的连接，a部分和b部分。机座接地，三相定子绕组的在中性点保持连接，参见表7-4，绝缘电阻测量中定子绕组的连接，A部分。MΩ代表绝缘电阻测量仪

如果整个绕组测量的绝缘电阻低于规定值，各相绕组可轻松地相互分离，则每相绕组也可单独测量。这一点不一定适合所有电机 。在该测量中，测试仪连接在电机机座和某一绕组之间 。机座和另外两相未测量的绕组接地；参见图7-4，绝缘电阻测量中定子绕组的连接，C部分。MΩ代表绝缘电阻测量仪

注意：在单独测量各相绕组时，绕组系统的所有中性点都必须去除 。如果部件的中性点无法去除，例如典型的三相电压变压器，则必须拆下整个部件。

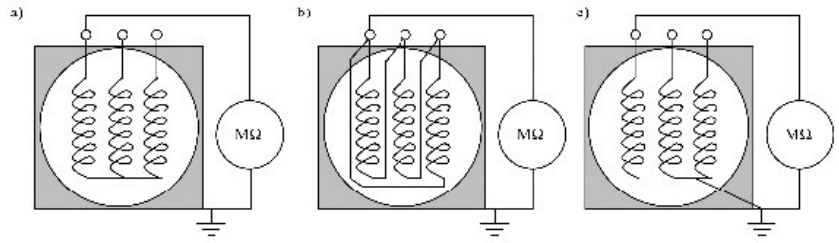

图7-4 绝缘电阻测量中定子绕组的连接

星形连接绕组的绝缘电阻测量
三角形连接绕组的绝缘电阻测量
绕组中某个相位的绝缘电阻测量。MΩ代表绝缘电阻测量仪

注意：测量绝缘电阻值后，绕组相位必须立即接地以释放电荷。

7.6.4.5 转子绕组和励磁机绝缘电阻的测量

转子绕组和励磁机的测试电压为500VDC。

测量转子绕组的注意事项及措施：

- 测量前使整流器短路
- 如果可能则直接测量转子绕组温，否则可估计转子绕组的测量温度。
- 绝缘电阻测试仪连接在转子绕组和转子轴之间，参见*图7-5 绝缘电阻测量连接*。测量的电流不能穿过轴承。
- 执行转子绕组测量之后，必须接地以释放绕组电荷。

当测量励磁机定子绕组：

- 检验所有电力线是否都与电源断开。
- 绝缘电阻测试仪连接在定子绕组和机座之间，参见*图7-5 绝缘电阻测量连接*。

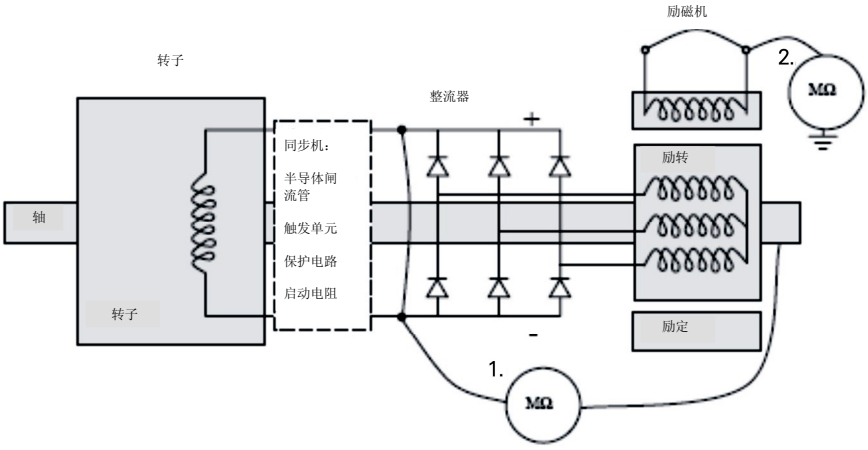

表7-5 绝缘电阻测量连接

1 转子绕组测量
2 励磁机定子绕组测量。MΩ 代表绝缘电阻测量仪

7.6.5 极化指数

对于极化指数测试，在电压接通15秒和1分钟之后（或者1分钟和10分钟）测量绝缘电阻。极化指数测试更大程度上取决于绝缘电阻 （与温度相比）。在绕组温度低于50 °C (122 °F)时，可认为与温度无关。较高温度可能导致极化指数中出现不可预测的变化，因此测试时温度不应超过50 °C (122 °F)。

绕组中积累的污垢和湿度通常会降低绝缘电阻和极化指数 ，同时也会降低对温度的依赖性 。因此，图7-3 绝缘电阻和温度之间的关系 中的线条更为平缓。裸露绕组的爬电距离对污垢和湿度的影响非常敏感。

在确定设备可安全启动的最低允许值时有几条规则 。对于极化指数（PI），数值通常在1到4之间。数值接近1表示绕组潮湿，肮脏。

最小的H级绝缘绕组的极化指数会大于2

$$PI = \frac{R_{1\min}}{R_{15s}} \text{ or } \frac{R_{10\min}}{R_{1\min}}$$

注意：如果绕组的绝缘电阻量级在数千 MΩ，极化指数对于绝缘状况的 表示将不再有意义，因此可以忽略。

7.6.6 高压测试

高压测试是用来检查绕组在电气方面进行维修时 ，有可能导致绝缘故障的薄弱点。这个测试是在主要检查，故障修理和维修时进行的。

高压测试采用交流电压，电压为1 500V。

7.6.7 绕组外观检查

绕组检查可依据以下信息：

- 污染物的比例；污垢以及湿度的情况
- 支撑的稳定性，振动痕迹，以及裂痕
- 温度过高的痕迹
- 移动的痕迹
- 槽楔的紧固度
- 绕组的端部及其支撑

在检查是否有污垢时，应特别注意是否有裸露的漏电表面，绝缘电阻很容易受污垢堆积的影响。

堆积的污垢会阻塞线圈缝隙和风道，以致于影响电机的散热。结果会导致绕组温度升高，减少电机的使用寿命。

机械扭力，振动以及冲击会导致支撑边缘，绑扎带以及槽的边缘出现裂痕。从而使支撑，槽楔松动。检查摩擦痕迹和支撑，绑扎带以及槽边缘附近的粉末。槽楔的松动以及线圈的弯曲是非常严重的问题，必须马上进行矫正。

金属部件，如支撑螺栓和阻尼 绕组的毛细裂痕以及破裂也是出现问题的标志，但是类似问题一般要在长时间后才会导致故障。

绕组的水汽时常会在污垢层上形成铁锈、下落、滴落以及潮湿，灌木形图案通常是漏电流烧焦留下的痕迹，这是出现故障的警告。在很少的情况下也会出现导线被腐蚀。

电气效应的痕迹（除漏电流痕迹之外），常常隐藏在槽内部和导线绝缘上。

即便是短时期的过热，也可在整台电机上留下痕迹。

以下是过热的表现：

- 阻尼绕组上的铜变黑 （变黑也有可能是由于环境里 有汽油），以及氧化。
- 转子铁芯叠片变蓝（超过350 °C [662 °F）
- 同步电机的紧固螺栓出现色差。
- 绝缘收缩或裂开（通常是超过200 °C [392 °F]），绑扎带可能裂开（over 220 °C [428 °F]），以及聚酯薄膜或者聚酯纤维融化 （超过250 °C [482 °F]）
- 槽楔绝缘膨胀

过热的时间延长将导致绕组提早老化。绝缘材料在早期就变脆弱，变暗。最后整个绕组将开裂，分解以及破裂。

7.6.8 干燥

绕组在以下情况必须烘干：

- 清洗之后（特别是在用水冲洗和漂洗之后）
- 在使用或停用中受潮

绕组干燥开始时应使用外部风干机或者暖空气 。其他措施的尝试，仅仅是在风干机和暖空气无法使用的情况下进行

在干燥过程中，绕组温度升高的速度不能超过每小时5K (9 °F)，而且最终的温度不能超过105 °C (220 °F)。突然的温度升高或者最终温度过高都会导致在绕组缝隙中形成蒸汽，从而破坏绕组。在干燥过程中，温度应进行周期性监控，同时绝缘电阻也应该定时测量。

受潮非常严重的电机需要进行拆解，绕组干燥需在烘箱内进行 。每个部分都必须进行检查。如果电机不是十分潮湿，绕组可以通过通电进行干燥。

如果绕组进行通电干燥，电源可以采用焊接机或者类似设备。

注意：直流或者交流电都可 以使用 。电流不能超过铭牌 标明的额定电流的25%。绕组的温度也必须同时进行监控。

当用烘箱进行干燥时，温度升高和最高温度必须小心检测 。烘箱温度应控制在90 °C (194 °F)左右，维持12-16小时；之后控制在105 °C (220 °F)左右，维持6-8个小时。这个时间可以进行相应调整，正确的时间应进行监测和绝缘电阻测试后确定。

有效的干燥应在合适的热平衡和通风下完成 。设备内部的通风应尽可能的有效。

在具有良好通风的烘箱内进行干燥是 最有效的方法。但是，并不是所有的设备运行地都有可能进行 。因此不论是暖风机或绕组通电都可以采用 。无论用哪种方法进行干燥，适当的新鲜空气循环是非常必要的。

绝缘电阻测试应在绕组干燥之后进行 。当干燥开始，绝缘电阻将由于温度升高而降低。尽管如此，当温度到达一个稳定值时，绝缘电阻会上升。

7.6.9 其他维护操作

通常，ABB制造的绕组是安全可靠的，除了定期监控，可能会需要上述的不定期的清洁和干燥。如果有特殊情况发生或者需要其他的维护 ，最好接受专业的帮助 。ABB售后服务组织非常乐意对设备电气绕组的维护问题进行解答，具体联系信息请参见，“第9章，售后服务和备件”。

7.7 电气性能，励磁系统，控制系统以及保护系统的相关维护

同步电机的电气性能通常取决于转子和定子绕组以及励磁系统的工作情况 。主机绕组维护请参见，“7.6，定子和转子绕组的维护”。在本章节，主要是关注励磁系统，以及控制保护系统的维护。

7.7.1 励磁机绝缘电阻的测量

励磁机的绝缘电阻可通过绕组绝缘电阻测试进行测试 。具体流程请参见“7.6，定子和转子绕组的维护 ”。励磁机定子的测试电压应在 500VDC，同时测试需在电缆断开后，在接线盒中进行。

励磁机转子电阻的测量通常与主机转子测量一同进行 ，请参见“7.6.4.5，转子绕组及励磁机绝缘电阻的测量 ”。励磁机转子的绝缘电阻也可分开进行测量，但是需要进行特殊安排。

7.7.2 跳闸保护装置

不管机械方面还是电气方面的反常情况 ，同步电机都需要有报警和跳闸保护。这其中的一些保护在故障排除后可以复位，电机可以直接重新起动。

7.7.3 自动电压调节器（AVR）

自动电压调节器（AVR）对于电机的控制和保护十分重要，AVR的错误连接或者设置都有可能导致不同的运行故障 。如性能偏差和失磁。关于AVR连接以及设置的具体信息请参见“7.4.2，电压调节器”。

7.7.4 辅助设备绝缘测量

为了保证保护设备和辅助设备的正确运行，它们的状况可由绝缘电阻测试反映出来，尽管如此，这种方法并不建议采用 。需要更多信息请联系售后服务部门。

7.7.5 二极管故障

如果旋转整流器的二极管出现故障，发电机将跳闸。以下为处理二极管故障的步骤：

打开电机非驱动端盖，通过欧姆表测量其中一个二极管的绝缘电阻。

如果发现二极管故障，断开所有二极管的连接，并分开测试，以确定故障二极管的位置。

注意：在确定设备已经与原动机分离之前，请不要打开维修盖或端盖。

更换故障二极管

- 打开非驱动端维修盖
- 断开二极管连接以及励磁机绕组连接电缆

- 通过测量二极管双向的电阻确认二极管的状况
- 更换损坏的二极管
- 清洁接触面，并使用电气接点膏
- 固定二极管。按原样安装固定连接线
- 检查紧固度，并拧紧所有整流桥零件
- 确认没有工具或其他物品遗留在电机内，并关上维修盖

更换二极管后，可通过比较空载励磁电流与试运行时的数 据检查二极管工作状态。当某二极管发生故障时，励磁电流将大幅上升。

7.8 相关热性能和冷却系统的维护

电机温度的升高通常是由于：

- 冷却系统问题或
- 电机产生了过大的热量。

如果电机温度超过了正常值，则需测定是以上哪个原因导致温度的升高 。电机产生过大热量可能是由于如绕组问题 ，或电网负载不平衡 ，在这种情况下，改善冷却系统将是无效或者有害的。

7.8.1 冷却系统

发电机是通过安装在轴上的风 扇进行冷却。风扇通过将外界空气从非驱动端抽入，并从驱动端的顶部和两侧排出（IC 0A1）。冷却空气应尽可能清洁，因为灰尘进入电机将有可能导致污垢，并降低冷却的效率。

如果绕组或冷却空气温度传感器显示出反常温度，需对冷却系统进行检查。冷却系统出现问题可能有以下两个原因：

- 空气过滤器出现问题（如果选配）

  ⇒ 检查空气过滤器状况

- 发电机内部空气循环出现问题

  ⇒ .确保发电机内部良好的空气循环 。设备内部需要保持清洁 ，在电机检修或问题出现时进行检查。

其他可能导致冷却系统出现问题的原因还包括 ，环境温度的提高，或者吸入温度较高的空气。另外轴承故障也有可能导致轴承温度升高。

当出现异常温度升高，同时也需要检查温度测量系统是否工作正常。

第8章 故障排除

这个章节为ABB发电机运行中出现的一些问题提 供帮助。下面给出的异常问题处理的图表着重于如何寻找和修理机械的、电气的、发热以及润滑系统相关等故障 。故障的检查与排除必须由具有资质的人员实施 。如果有疑问，ABB的售后将提供更多的关于异常问题的处理及一些维护的信息的技术支持。

8.1 机械性能

故障排除

机械性能

故障现象				
振动	噪音	可能的原因		正确的处理方法
x	x	润滑系统故障		检查润滑剂的质量和数量以及润滑系统的功能
x	x	轴承故障	轴承部件损坏	检查轴承情况及更换轴承部件
x	x		错误的轴承安装	检查校正情况
x	x	散热风扇问题	风扇不平衡或损坏	检查并维修散热风扇
	x	散热系统故障		检查并维修散热系统
	x	励磁系统故障		检查并维修励磁系统
x	x	电机安装有偏差		检查电机的安装情况
x	x	转子或轴的不平衡		重新调整转子
x	x	转子中有部件松动		检查转子的楔槽， 极等等， 修理并重新调整平衡
x	x	震动来自连接的电机		检查连接电机及其连接型号是否正确
x	x	来自连接电机的轴向负载		检查调整情况和连接装置的功能和类型
x	x	错误或有问题的连接组合		检查连接装置的功能
x		机座支撑力量不够		参照 ABB 的操作指引加强机座的支撑力量
	x	电机的主要部分或励磁机的绕线错误		检查电机的主要部分或励磁机的绕线情况
x	x	输出的电网不平衡		检查电网的平衡是否合乎要求
x	x	轴承安装不准		检查轴承机座的安装对准情况
	x	电机里面有杂物,湿气或尘垢		检查并清理电机内部,对绕组除湿
x	x	气隙不均衡		测量并调整气隙

8.2 润滑系统和滑动轴承

故障排除

润滑系统和滑动轴承

故障现象							
轴承温度高	润滑脂泄漏	润滑脂进入到电机	轴承噪声或振动	润滑脂不足	可能的原因		正确的处理方法
x			x	x	润滑油有不足	润滑油的剂量不对	检查轴承的渗漏情况 ,添加润滑剂
x	x	x		x	不合适的润滑剂质量问题		查阅 ABB 推荐的润滑剂
x			x		润滑剂质量下降	不合适的润滑剂更换时间	清洁轴承并更换润滑剂
x	x		x	x	轴承负载过剩	连接或安装有问题	检查连接,装配及校准
x	x		x		电机调整有误差)		重新调整电机
x			x		轴承组装不正确		检查轴承的装配和调整
x	x	x			润滑油过多		检查轴承情况及添加合适剂量的润滑油
x			x	x	轴承损坏	润滑油有杂质	更换润滑油,检查轴承情况,更换轴承盖
x			x			轴承有电流	修复轴承的绝缘,更换轴承盖
x			x			轴承完全失效	更换轴承
x			x			一般的磨损	更换轴承
x			x			运行速度过慢	检查运行时的轴承速度范围
x					仪器有问题	温度检测有问题	检查轴承温度检测系统)
	x				损坏的或不能再用的轴承封条		更换轴承封条
	x				外部真空	转子设备附近	检查压力等级 ,重新部署转子设备
	x	x			内部压力过大	压力补偿问题	把产生内部过压的东西移除
		x			损坏的电机封条		更换或修理电机封条
			x	x	轴承内有杂物		清理轴承及检查封条情况

8.3 热性能，开放式空气冷却系统

故障排除

热性能，开放式空气冷却系统

故障现象				
绕组高温	冷却空气高温	可能的原因		正确的处理方法
x	x	进风口温度高	周围环境温度高	加大空气流通以降低周围环境温度
x	x		排出的空气被吸回	确保电机周围有足够的空旷距离
x	x		附近有热源	把热源放置在远处的位置 ，检查通风情况
x	x	空气流通不顺畅	电机内部很脏	清洁电机部件及气隙
x	x		冷却装置安装有问题	检查冷却装置安装情况并改善
x	x		进风口堵塞	清洁近风口的杂物
x	x		空气过滤器阻塞	清洁或更换空气过滤器
x	x	冷却风扇损坏		更换风扇
x	x	冷却风扇旋转方向错误		更换风扇或改变外部风扇的转向
x		超载	控制系统设置	检查电机的控制系统，去掉多余的负载
x	x	超速		检查实际速度，并查看 ABB 的推荐速度
x		供电不平衡		检查供电网络平衡是否符合要求
x	x	仪器或测量系统有问题		检查测量系统，传感器和线路
x		主机或励磁机绕组故障		检查主机和励磁机绕组

8.4 电气性能和发电机的励磁系统

故障排除

电气性能和发电机的励磁系统

故障现象								
失磁	励磁电流增加	电机启动故障	性能偏差	操作不能调节	并车故障	可能的原因		正确的处理方法
	x		x			速度不正常	速度控制有问题	检查电机运行的速度控制
		x	x			供电网络不平衡		检查供电网络是否符合要求
			x			电机运行时的速度变化		检查电机运行时的速度控制
x		x				励磁磁场问题	设置有问题	检查励磁接线板的继电器 及电压调节器的设置
x		x					接线有问题	检查励磁控制盒和发电机
x		x					励磁的磁性去磁	参考主接线图 ， 充磁， 恢复助磁
x	x		x	x		变压器有问题		检查变压器的绕组 绝缘和连接
x	x		x	x	x	并车用变压器有问题		检查变压器的绕组绝缘和连接
x			x			电流互感器故障		检查变压器的绕组绝缘和连接
x	x					短路励磁系统有问题		检查短路励磁系统运行情况
			x			主发电机绕组有问题		检查 主发电机绕组及绝缘电阻
x			x			励磁系统绕组有问题		检查励磁机绕组和绝缘电阻
x	x	x	x	x		旋转整流器有问题		检查 整流器的组件的 连接和运行情况
x		x	x	x		励磁系统线路有问题		检查励磁系统的电气连接

x				x		励磁设备有问题	励磁接线板设备	检查并更换励磁面板设备
x	x	x	x	x	x	AVR 设置有问题		检查并调整电压调节器的设置
			x			不对的 AVR 调整参数	电压振荡，系统响应差	检查 AVR 的整定参数（ PID 的参数）
x	x	x	x	x	x	AVR 有问题		检查并更换 AVR
x	x	x	x	x	x	AVR 线路有问题或不正确的接线		检查 AVR 的线路和连接
			x			功率因数变化超过许可值		检查 AVR 情况
			x	x	x	外部基准电压系统问题		检查连接和基准电压
x		x				AVR 无实时数据		检查实时数据系统和电气连接

第9章 售后服务和备件

9.1 售后服务

ABB向其所生产的旋转电机提供售后服务支持。

9.1.1 现场服务

现场服务部门提供：

- 安装和试运行
- 维护和检查
- 故障排除和维修
- 升级和改装

9.1.2 备件

协调随机提供的备件

设备交货后销售原装备件

9.1.3 保证

支持部门将根据电机情况处理保证期内的保证事务。

9.1.4 服务中心支持

服务中心支持部门可提供机械结构、电磁及绝缘技术等方面的支持。

9.1.5 售后服务联系信息

售后服务部门的联系方式:

传真：	+86 791 835 0814
电子邮件：	aftersales.generator@cn.abb.com

9.2 备品备件

9.2.1 常规备件问题

ABB设计与制造的设备都可实现数十年可靠 、正常的运行。但这要求正确维护和操作设备。此项维护包括更换正常磨损的部件。

关于磨损，有许多无法避免的不确定性。这些部件的磨损速度会因应用、环境和特定条件而存在很大差别。因此，应定期检查这些部件的状况，并储存足够数量的备件。这些备件在必要时可使停机时间尽可能缩短。存货数量取决于应用的重要性、特定备件是否方便购买以及本地维护人员的专业知识。

9.2.2 定期部件更换

当两个运动部件互相接触时总会出现机械磨损。在电机中大多数机械磨损都发生在旋转轴和静态部件之间。轴承部件最后都会磨损并需要更换，即使采用正确的润滑操作。其他的磨损部件包括始终接触转轴的密封件。

以上所提到的部件包括了大部分，但不是全部存在机械磨损的部件。这些部件都有相对应的使用寿命，但如前所述，实际的耐用性可以极大的不同。出于这个原因，这些部件应有一定的备件。还应该指出由于磨损是不可避免的，这些要更换的部件并不在保证范围内。

9.2.3 备件需求

温度升高，电气干扰和化学反应会产生其他类型的磨损。旋转整流桥中的二极管的磨损通常与异常电气工作条件有关。通常这是一个缓慢的过程，但很大程度上取决于设备的运行状况和系统干扰。

ABB设备的电气绕组采取了非常良好的耐磨损措施，但前提是必须遵守正确的维护和运行条件。运行时不应超过合适的工作温度，应定期清洁绕组中的污垢。绕组还可能因为大量电气干扰而加速磨损。

9.2.4 选择最合适的备件

ABB提供三种等级的现成备件。最熟悉设备运行状况的人员应根据应用的重要性和停机停产所带来的经济风险选择最适合的备件。

用于试运行和确保可用性的运营备件：

这些是最关键的备件，应始终留存。

用于排除故障和计划维护的推荐备件：

在中期维护中应提供这些备件。如果附件失效，这些部件还可快速恢复设备。

用于出现严重损坏时缩短维修时间的重要备件：

当设备属于某个关键生产工艺，则推荐使用这些备件。

即使出现严重损坏，这些备件也可使设备快速恢复。

9.2.5 不同电机典型推荐备件

下面给出了不同电机典型备件的一般建议。

如需了解特定设备的特定部件报价，请联系ABB售后服务部门。

请注意，虽然ABB已根据设备情况定制了 备件，但其中也可能包括所有设备上都不提供的附件内容。

9.2.5.1 运营备件

备件	数量
自动电压调节器	1件
旋转整流器	1套
压敏电阻	1件
驱动端轴承	1件
非驱动端轴承	1件
连接铜片（铜板）	1套

9.2.5.2 推荐备件

标准备件可添加以下备件：

备件	数量
防冷凝加热器	1件

9.2.5.3 重要备件

备件	数量
励磁机转子	1件
励磁机定子	1件
旋转整流桥	1件
主机转子	1件
主机定子（带机座）	1件

9.2.6 订购信息

为保证备件订购和送货快速正确，用户应将设备的序列号提供给我们的售后服务人员。该序列号标印在设备机座的铭牌或设备机座上，同时，该序列号也标印在本手册中。

另外，还应提供订购关于订购部件的详细具体信息（ABB售后服务部门的联系信息，请参见第9章，售后服务与备品备件）。